

SUSCETIBILIDADE DE *Anthonomus grandis* BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E  
SOBREVIVÊNCIA DE INIMIGOS NATURAIS DE PRAGAS DO ALGODOEIRO A  
INSETICIDAS

por

EDUARDO MOREIRA BARROS

(Sob Orientação do Professor Jorge Braz Torres - UFRPE)

RESUMO

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae), é a principal praga do algodoeiro no Brasil, sendo o uso de inseticidas o principal método de controle. Este trabalho estudou a suscetibilidade do bicudo-do-algodoeiro a inseticida em formulações comerciais isoladas ou em misturas registradas para uso, além do efeito de sete inseticidas de diferentes grupos químicos na maior e menor dosagem recomendadas empregados no controle de pragas do algodoeiro, sobre seis espécies de predadores [*Chrysoperla externa* Hagen, *Eriopsis connexa* (Germar), *Euborellia annulipes* (Lucas), *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, *Podisus nigrispinus* (Dallas), *Solenopsis invicta* Buren)] e quatro espécies de parasitoides [*Aphelinus gossypii* Timberlake, *Bracon vulgaris* Ashmead, *Telenomus podisi* (Ashmead) e *Trichogramma pretiosum* Riley)]. As CL<sub>50</sub>s calculadas para o bicudo-do-algodoeiro variaram de 0,004 a 0,114 g i.a./L, e produziram potência relativa variando de 1,37 a 29,59-vezes. Também, foi observado que os adultos foram mais suscetíveis à lambda-cialotrina e ao tiametoxam isolados comparados aos inseticidas clorantraniliprole, fenitrotiona e esfenvalerato. O efeito da mistura lambda-cialotrina + clorantraniliprole foi sinérgico, enquanto as demais misturas testadas mostraram antagonismo. A metidationa ocasionou 100% de mortalidade de todos os inimigos

naturais testados. Entre os inimigos naturais, *E. annulipes* apresentou alta sobrevivência a todos os demais inseticidas. Todos os predadores e parasitoides testados apresentaram alta sobrevivência a pimetozina e ao clorantraniliprole sendo semelhante à testemunha. A lambda-cialotrina e o tiametoxam, na maior e menor dasagens, e o clorantraniliprole, na maior dosagem recomendada, proporcionaram baixa sobrevivência dos predadores *P. nigrispinus*, *S. invicta* e *H. convergens*. Assim, entre as misturas estudadas apenas lambda-cialotrina+clorantraniliprole demonstra potencial no manejo do bicudo-do-algodoeiro, sendo as demais misturas com potencial de uso em situações de ocorrência de múltiplas espécies alvo. Os inseticidas pimetozina, clorantraniliprole e espinosade demonstram menor impacto geral aos inimigos naturais e devem ser priorizados para o manejo de pragas na cultura do algodoeiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Misturas de inseticidas, *Anthonomus grandis*, inimigos naturais, seletividade de inseticidas.

SUSCEPTIBILITY OF BOLL WEEVIL AND KEY NATURAL ENEMIES TO COTTON PEST  
MANAGEMENT TO INSECTICIDES

por

EDUARDO MOREIRA BARROS

(Under the Supervision of Professor Jorge Braz Torres - UFRPE)

ABSTRACT

The boll weevil, *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae), is the most important cotton pest in Brazil. Despite the cotton ecosystem harboring large complex of natural enemies insecticides usage is the main control method against boll weevil and other pests. This work evaluated the susceptibility of boll weevil to commercial insecticides in single or in mixture ready-to-use and the impact of seven selected insecticides from different chemical groups applied at highest and lowest recommended field rates to cotton pest control on six predators [*Chrysoperla externa* Hagen, *Eriopis connexa* (Germar), *Euborellia annulipes* (Lucas), *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville, *Podisus nigrispinus* (Dallas), and *Solenopsis invicta* Buren)] and four parasitoids [*Aphelinus gossypii* Timberlake, *Bracon vulgaris* Ashmead, *Telenomus podisi* (Ashmead), and *Trichogramma pretiosum* Riley)], key species for cotton pest management. The LC<sub>50</sub>s calculated to boll weevil varied from 0.004 to 0.114 g a.i./L, and the relative potency estimated were 1.37 to 29.59-fold. Further, boll weevil adults were more susceptible to lambda-cyhalothrin and thiamethoxam in single formulation compared to chlorantraniliprole, fenitrothion and esfenvalerate. The mixture ready-to-use of lambda-cyhalothrin+chlorantraniliprole resulted in synergistic effect; while the remaining mixtures tested were antagonistic. Methidation caused 100% mortality of all tested natural enemies. Among the

natural enemies, *E. annulipes* exhibited high survival rate across all remaining tested insecticides. In addition, all predators and parasitoids exhibited high survival exposed to pymetrozin and chlorantraniliprole dried residue. Lambda-cyhalothrin and thiamethoxam at highest and lowest field rates and chlorantraniliprole at highest field rate caused high mortality to *P. nigrispinus*, *S. invicta* and *H. convergens* and to all parasitoids. Based on the results, only the mixture of lambda-cyhalothrin+chlorantraniliprole demonstrated potential to boll weevil control with the remaining mixture ready-to-use with potential of use when targeting different pest species simultaneously. Pymetrozin, chlorantraniliprole and spinosad caused overall low impact on tested natural enemies; hence, becoming options to cotton pest management.

**KEY WORDS:** Insecticide mixture, *Anthonomus grandis*, natural enemies, insecticide selectivity.

SUSCETIBILIDADE DE *Anthonomus grandis* BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E  
SOBREVIVÊNCIA DE INIMIGOS NATURAIS DE PRAGAS DO ALGODOEIRO A  
INSETICIDAS

por

EDUARDO MOREIRA BARROS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Julho – 2015

SUSCETIBILIDADE DE *Anthonomus grandis* BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E  
SOBREVIVÊNCIA DE INIMIGOS NATURAIS DE PRAGAS DO ALGODOEIRO A  
INSETICIDAS

por

EDUARDO MOREIRA BARROS

Comitê de Orientação:

Jorge Braz Torres – DEPA/UFRPE

Agna Rita dos Santos Rodrigues– IFGoiano - Campus Rio Verde

SUSCETIBILIDADE DE *Anthonomus grandis* BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E  
SOBREVIVÊNCIA DE INIMIGOS NATURAIS DE PRAGAS DO ALGODOEIRO A  
INSETICIDAS

por

EDUARDO MOREIRA BARROS

Orientador:

---

Jorge Braz Torres – UFRPE

Examinadores:

---

Agna Rita dos Santos Rodrigues - IFGO

---

Christian Sherley Araújo da Silva Torres - UFRPE

---

Herbert Álvaro Abreu de Siqueria - UFRPE

---

Walter Santos Evangelista Junior - UFRPE

## DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais Edmilson Barros de Souza e Lucy Vera de Fatima de Souza, pelo apoio, incentivo e por acreditarem em mim.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, por me permitir concluir mais uma etapa de minha vida.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pela bolsa de estudo concedida para realização do Doutorado.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela oportunidade de realizar este curso.

Ao meu orientador Jorge Braz Torres, pela aprendizagem, confiança e conhecimento transmitidos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola da UFRPE, que direta ou indiretamente contribuíram pela minha formação.

À minha amiga e co-orientadora Agna Rita Rodrigues, pelo apoio, incentivo e auxílio nos trabalhos.

Aos colegas e amigos que eu fiz no decorrer do curso, pelas experiências compartilhadas e bons momentos.

Ao meu amigo Felipe Colares, companheiro de todas as horas.

À todos amigos do Laboratório de Controle Biológico.

À todos meus amigos e companheiros que fiz em Recife, em especial Guilherme, Rodrigo, Luziani, Lucas, Paulo, Jaconias, Matheus Silva, Robério, Tadeu, Ricardo Baiano e todos os outros.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram e me incentivaram.

À todos os funcionários na UFRPE.

## SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS .....	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO .....	1
LITERATURA CITADA .....	11
2 SUSCETIBILIDADE DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO À MISTURAS DE INSETICIDAS PRONTAS PARA USO.....	17
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO .....	20
MATERIAL E MÉTODOS .....	22
RESULTADOS.....	24
DISCUSSÃO .....	25
AGRADECIMENTOS .....	30
LITERATURA CITADA .....	30
3 SOBREVIVÊNCIA RELATIVA DE INIMIGOS NATURAIS CHAVE DO AGROECOSSISTEMA ALGODOEIRO A INSETICIDAS DE DIFERENTES CLASSES TOXICOLÓGICAS E MODO DE AÇÃO .....	38
RESUMO.....	39
ABSTRACT.....	40
INTRODUÇÃO .....	41

MATERIAL E MÉTODOS .....	43
RESULTADOS.....	48
DISCUSSÃO .....	51
AGRADECIMENTOS .....	56
LITERATURA CITADA .....	56
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

O algodoeiro [*Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae)] têm sido cultivado continuamente em, aproximadamente, 77 países (<http://www.indexmundi.com/agriculture/>). O principal produto do algodoeiro é a fibra, a qual se constitui na principal fibra têxtil natural no mundo (Fortucci 2002). Isto caracteriza a cultura como sendo de grande importância econômica e social (Beltrão & Souza 2006). Além da fibra, o algodoeiro é uma cultura de alto aproveitamento, e produz diversos produtos, tais como o linter, o óleo bruto presente nas sementes e a torta, bem como o caroço para alimentação animal (Beltrão 2004).

O Brasil é o quinto maior produtor mundial, sendo respectivamente, a China, Índia, Estados Unidos e Paquistão os quatro maiores produtores (CONAB 2015). Apesar, da produção nacional não atender a demanda da indústria têxtil nacional, a produção brasileira possui grande impacto mundial com o Brasil sendo um grande exportador de fibra de algodão (Kiawau *et al.* 2011). No Brasil, a área plantada correspondeu a 976,2 mil hectares na safra 2014/2015. Deste total, a região Centro-Oeste representou 64,3%, com o estado do Mato Grosso cultivando 57,6% de todo algodão nacional (CONAB 2015). Para a safra 2014/2015, a produção estimada de algodão em caroço e em pluma é de 3,8 e 1,5 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB 2015).

A produção de algodão, no Brasil, concentra-se nas áreas de Cerrado da região Nordeste (Bahia, Maranhão e Piauí) e, principalmente, na região Centro-Oeste, caracterizado por grandes lavouras, e por pequenos e médios produtores no Semiárido do Nordeste (Ramalho 1994, Santos *et al.* 2008). Na região de Cerrado, as áreas são consideradas de alta tecnologia e visam a obtenção de altas produtividades. Assim, perdas por ataque de pragas são pouco toleradas

resultando em ampla utilização de inseticidas (Richetti *et al.* 2004, Bastos & Torres 2005, Lima Junior *et al.* 2013, Miranda 2013). No entanto, o manejo de pragas no algodoeiro, ainda, tem sido um desafio, independente da tecnologia adotada no cultivo (Ramalho 1994, Torres 2008).

Um dos principais problemas relacionados à produção do algodão no Brasil é a ocorrência de pragas, dentre as quais se destaca o bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) (Ramalho 1994, Praça 2007, Stadler & Buteler 2007). Estudos filogenéticos do bicudo-do-algodoeiro associados às informações a cerca dos hospedeiros, suporta a hipótese de que esta espécie tem como hospedeiro original plantas do gênero *Gossypium* (Malvales: Malvaceae) (Kuester *et al.* 2012). O bicudo-do-algodoeiro está amplamente distribuído em todo continente americano desde o Sudeste dos Estados Unidos da América ao Norte da Argentina (<http://www.cabi.org/isc/datasheet/5735>), sendo considerado a principal praga do algodoeiro nas Américas (Cuadrado 2002, Praça 2007). Na América do Sul, o bicudo-do-algodoeiro está presente na Venezuela desde 1949 e na Colômbia desde 1950 (Burke *et al.* 1986). Acreditava-se que a floresta Amazônica serviria como barreira física, impedindo a migração do bicudo-do-algodoeiro para o Brasil. Entretanto, este inseto foi relatado pela primeira vez no Brasil em fevereiro 1983 no estado de São Paulo e, posteriormente, no estado da Paraíba (Barbosa *et al.* 1983). Atualmente, o bicudo-do-algodoeiro encontra-se distribuído em todas as regiões produtoras de algodão no Brasil. O mais recente registro de ocorrência da praga no País foi em Sapezal, no noroeste de Mato Grosso, no ano agrícola de 2006/2007. Conforme Barros & Crosariol Netto (2015), este inseto já se encontra completamente disseminado na região, demonstrando seu potencial em colonizar novas áreas.

O bicudo-do-algodoeiro é um inseto holometábolo, apresentando metamorfose completa, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto (Cross 1973). O adulto do bicudo-do-algodoeiro apresenta coloração marrom-avermelhado a cinza escuro, variando sua coloração de acordo com a

idade/dias de emergência dos adultos. Estes medem em torno de 3,8 a 8,0 mm de comprimento (Greenberg *et al.* 2007), e possuem cabeça típica da família Curculionidae, prolongando-se em um rostro, que tem metade do comprimento do corpo. As antenas genículo-clavadas estão inseridas na metade do rostro, enquanto que as peças bucais se encontram no final. Para identificar a espécie, tem sido utilizada a presença de dois espinhos em cada fêmur do primeiro par de pernas dos adultos (Gallo *et al.* 2002, Bastos *et al.* 2005, Torres *et al.* 2009).

Após a formação dos botões florais, adultos do bicudo-do-algodoeiro são atraídos pelos voláteis da planta hospedeira até as áreas de cultivo (Cross & Hardee 1968, White & Rummel 1978). As fêmeas desta espécie preferem ovipositar nos botões florais com cerca de 6 mm de diâmetro (Cross 1973, Showler & Cantú 2005, Stadler & Buteler 2007), mas também podem ovipositar em maçãs macias, ainda, no início da formação (Busoli *et al.* 1994) e maçãs já desenvolvidas durante a fase final de frutificação (Neves *et al.* 2013). Cada fêmea do bicudo-do-algodoeiro pode ovipositar cerca de 200 ovos durante um período de 10 a 12 dias (Stadler & Buteler 2007). Em geral, as fêmeas depositam um ovo por botão, entretanto, em infestações elevadas, mais de um ovo por botão floral podem ser encontrados. Soares & Yamamoto (2003) encontraram até cinco orifícios de oviposição em um único botão floral e emergência de mais de um adulto por botão em infestação acima de 50% de ataque.

O bicudo-do-algodoeiro completa as fases de ovo, larva e pupa em aproximadamente 20 dias em condições de laboratório à temperatura de 27 °C (Greenberg *et al.* 2003). Os ovos são depositados no interior das estruturas reprodutivas (Showler 2004), que logo após sua deposição, o orifício é coberto com uma substância gelatinosa translúcida, a qual tem função protetora. Os ovos com a superfície lisa e cor que varia do hialino ao brilhante medem aproximadamente 0,8 mm de comprimento e 0,5 mm de largura (Degrande 1991a). O período de incubação dos ovos é de três a quatro dias. Após esse período, ocorre a eclosão de larvas ápodas, com coloração branco-

leitosa e a cabeça marrom clara (Degrande 1991a, Degrande 1998), que dependendo da temperatura sua duração pode variar de 7 a 12 dias (Sobrinho & Lukefahr 1983). Já a pupa é de coloração branca possui forma exarada, característica de curculionídeos, e desta emerge o adulto após quatro a seis dias (Lloyd 1986). A planta aborta os botões florais com oviposição após cinco a sete dias, e a larva e pupa completam o desenvolvimento dentro da estrutura reprodutiva atacada caídas no solo (Coakley et al. 1969, Showler & Cantú 2005, Showler 2008). Entretanto, quando a oviposição é realizada nas maçãs maiores de 10 mm de diâmetro, estas permanecem na planta e todo o desenvolvimento do bicudo-do-algodoeiro ocorre na estrutura reprodutiva retida à planta (Neves *et al.* 2013). Ataques em maçãs ainda compromete a formação, a qualidade da fibra e resulta em capulhos deformados (carimãs) (Praça 2007, Torres *et al.* 2009).

Ao iniciar o fim de safra, período que coincide com término do período vegetativo do algodoeiro, o bicudo-do-algodoeiro sai dos talhões de cultivo, migrando para as áreas de refúgio (matas, beira de açudes, rios, etc.), ou até mesmo para outras culturas, que possam oferecer alimento e abrigo no período de entressafra (Degrande 1991b, Showler 2010). Desta forma, o bicudo-do-algodoeiro coloniza as lavouras de algodão subsequentes, assim que a cultura emite os primeiros botões florais, estruturas preferidas para alimentação e oviposição. Vale ressaltar que esta atração é intensificada pelo feromônio de agregação produzido pelos machos, logo após se alimentarem das primeiras estruturas florais (Leggett 1986, White & Rummel 1978).

O bicudo-do-algodoeiro tem conseguido manter-se nas áreas durante a entressafra e colonizando mais facilmente o próximo plantio devido a rebrota de plantas e, também, presença de plantas tigueras (Barros & Crosariol Netto 2015). Isto porque plantas transgênicas resistentes a herbicidas glifosato e glufosinato de amônio (CTNBio 2015), tem proporcionado dificuldade para destruição dos restos culturais do algodoeiro e também no manejo de plantas tigueras (Barros & Crosariol Netto 2015), podemos citar que a presença de plantas de algodão na estressafra como

um dos principais fatores ou o principal, que tem contribuído para que o bicudo-do-algodoeiro colonize cultivos posteriores em altas populações.

Dentre as várias táticas de manejo existentes para as pragas do algodão, as principais e mais efetivas para o manejo do bicudo-do-algodoeiro em grandes cultivos são as práticas do controle cultural (destruição dos restos culturais), legislativo (vazio sanitário), comportamental (uso de feromônio para o monitoramento e controle) e, especialmente, o controle químico com o uso de inseticidas sintéticos (Degrande 1991, Torres *et al.* 2003).

De fato, o controle químico é o método mais utilizado para manejo de pragas no algodoeiro (Ramalho 1994, Richetti *et al.* 2004, Torres 2008), devido principalmente ao complexo de pragas que ocorrem de forma simultânea e à rápida ação dos inseticidas. Durante o ciclo da cultura, tem sido empregadas de 5 a 7 pulverizações direcionadas ao bicudo-do-algodoeiro, em cultivos empresariais nas áreas de Cerrado (Richetti *et al.* 2004). Porém, este número pode chegar entre 12 a 14 pulverizações como observado durante a safra 2011/12 e 1012/2013 (Miranda 2013). Em levantamentos recentes (safra 2014/2015) foram registradas, em média, 15 aplicações direcionadas exclusivamente ao controle do bicudo-do-algodoeiro no estado do Mato Grosso (E.M. Barros, dados não publicados). O nível de controle para a entrada com o controle químico correspondente a 5% de estruturas reprodutivas atacadas (alimentação ou oviposição) (Degrande 1998, Miranda 2010), mas devido a agressividade desta praga, é comum observar fazendas optando por nível de controle inferior a 5%. Além disso, a captura de adultos em armadilhas com feromônio têm sido utilizada como parâmetro de decisão. Quando o histórico do monitoramento resulta a partir de 0,1 bicudos capturados por armadilha por semana (B.A.S.), é determinado um cronograma proativo de pulverização na fase de emissão de botões florais. De acordo com a média semanal de indivíduos capturados, é estabelecido o número de aplicações sequenciais a serem realizadas (i.e., Zona Vermelha – mais de 2 BAS, realizar três aplicações



sequenciais a cada cinco dias; Zona Amarela – de 1 a 2 BAS, realizar duas aplicações sequenciais a cada cinco dias; Zona Azul – 0 a 1 BAS, realizar uma aplicação e Zona Verde: 0 BAS, nenhuma aplicação) (Soria *et al.* 2013). As aplicações sequenciais são realizadas em um curto intervalo, em média 5 dias de intervalo, visto que é necessário controlar os adultos emergentes de botões e/ou maçãs, bem como aqueles que escaparam das últimas pulverizações.

Quando constatado o nível de controle da praga, é indicada a utilização de produtos que apresentem alta eficiência de controle da praga alvo e que possuam baixo impacto sobre organismos benéficos presentes na lavoura do algodoeiro (Torres 2008). No entanto, a grande diversidade de pragas dificulta o manejo através de produtos seletivos, que são usualmente mais específicos. No Brasil, são registrados 26 ingredientes ativos em 87 produtos comerciais de inseticidas pertencentes a 10 diferentes grupos químicos destinados ao controle do bicudo-do-algodoeiro. Do total de produtos oito são misturas comerciais prontas para o uso (AGROFIT 2015).

As misturas de inseticidas são compostas por dois ou mais ingredientes ativos em uma formulação a fim de substituir a mistura feita que compõe a calda inseticida no momento da aplicação (mistura de tanque) (Brattsten *et al.* 1986, Roush 1993, O'Connor-Marer 2000, Cloyd 2011). A utilização de misturas comerciais de inseticidas visa controlar pragas alvo com menor uso de ingrediente ativo (Corbel *et al.* 2003, Zuh 2004), além de constituir em ferramenta para o manejo de resistência de insetos a inseticidas (Attique *et al.* 2006, Ahmad *et al.* 2009, Nasir *et al.* 2013), pois as chances iniciais de ocorrer resistência a ambos inseticidas das misturas são raras (Curtis 1985). Adicionalmente, misturas podem auxiliar o manejo de complexo de pragas que ocorrem simultaneamente, e com modos de alimentação e comportamento diversos a exemplo do que é observado no algodoeiro. De fato, o bicudo-do-algodoeiro tem potencial para colonizar a lavoura de algodão durante toda a sua fenologia reprodutiva (~40 a 100 dias a depender da

variedade), e simultaneamente, a ocorrência do complexo de lagartas desfolhadoras, pulgão, ácaros, mosca-branca e percevejos de maçãs.

Produtos considerados eficientes no controle do bicudo-do-algodoeiro, porém bastante perigosos à saúde humana e ao meio ambiente vêm sendo proibidos, por exemplo o endosulfan, o qual teve o uso proibido pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), desde o ano de 2013. Assim, faz-se necessária a busca por produtos eficientes no controle do bicudo-do-algodoeiro e que apresentem baixo impacto, pois o controle de adultos da praga após seu estabelecimento nas lavouras depende basicamente de pulverizações com inseticidas de largo espectro, pertencentes principalmente aos grupos dos organofosforados, neonicotinoides e piretroides. Moléculas inseticidas de risco reduzido têm sido disponibilizadas com eficiência comprovada no controle de pragas do algodoeiro (diamidas para lepidópteros; reguladores de crescimento – piriproxifem para mosca-branca; pimetrozina para pulgões e mosca-branca), mas com baixa ou nenhuma eficácia no controle do bicudo-do-algodoeiro. De fato, moléculas em uso que proporcionem controle eficaz do bicudo-do-algodoeiro poderão se tornar cada vez mais escassas, devido a pedido de reavaliação destas moléculas solicitadas pela ANVISA, e o registro de novas moléculas está cada vez mais difícil devido as exigências agronômicas, ambientais, e de baixa toxicidade. E, apesar da ampla gama de plantas transgênicas expressando toxinas visando o controle de lagartas (p.ex. proteína tóxica Cry, da bactéria de solo *Bacillus thuringiensis* Berliner), até o momento nenhum transgênico tem sido desenvolvido tendo o bicudo-do-algodoeiro como alvo (Hardee *et al.* 2001).

Desta forma, podemos considerar que a ocorrência do bicudo-do-algodoeiro nas lavouras é o principal empecilho para o sucesso do Manejo Integrado de Pragas do algodoeiro (MIP-algodão). Isto porque mesmo com os avanços do MIP-algodão, como a redução do uso de inseticidas nos cultivos, devido ao uso de plantas geneticamente modificadas para resistência a

lepidópteros pragas (i.e., plantas Bt) (Fitt 2000, Naranjo 2009, Lu *et al.* 2010, 2012), bem como a utilização de inseticidas pertencentes a novas moléculas de menor toxicidade (Holloway & Forrester 1998), o controle do bicudo-do-algodoeiro sempre exigirá um elevado número de aplicações de inseticidas, e sempre com produtos de largo espectro. Apesar deste grande número de pulverizações muitas vezes o controle do bicudo-do-algodoeiro não é satisfatório (larvas da praga se desenvolvem protegidas no interior dos botões florais atacados), resultando em número ainda maior de pulverizações ou redução na produção.

Entre os inseticidas recomendados para o controle do bicudo-do-algodoeiro (AGROFIT 2015), com eficácia certificada de controle não se tem inseticidas considerados de baixo impacto para os agentes de controle biológico (Bastos & Torres 2005), com exceção da pimetozina que tem apresentado algum nível de seletividade (E.M. Barros, dados não publicados). O controle biológico pode ser definido como sendo a utilização de inimigos naturais para a redução populacional de organismos pragas a níveis toleráveis. Praticamente todas as espécies vivas são atacadas por algum inimigo natural (parasitas, predadores e/ou patógenos), regulando em muitos casos a densidade populacional. Entretanto, em ambientes com grande atividade antrópica (p.ex. aplicações indiscriminadas de inseticidas, adubações desequilibradas, monoculturas, alta rotatividade, e etc.), pode ocorrer desequilíbrio no agroecossistema, e as populações de pragas comumente extrapolam os limites aceitáveis (DeBach & Rosen 1991).

Em cultivo do algodoeiro no Brasil, são citadas 13 espécies principais de parasitoides e 10 espécies de predadores atacando o bicudo-do-algodoeiro (Ramalho & Wanderley 1996). Além desses, diversas outras espécies de parasitoides, predadores e patógenos exercem controle natural de uma ou mais pragas do complexo de pragas que atacam o algodoeiro. Inimigos naturais podem alcançar grande diversidade e abundância em algodoeiro, grosseiramente, podemos citar dois fatores que contribuem para isso, o longo ciclo da cultura e o elevado número de insetos-praga

que ocorrem no sistema algodoeiro. Segundo van den Bosch & Hagen (1966), cada praga chave da cultura do algodão é atacada por pelo menos seis inimigos naturais. O controle exercido por predadores e parasitoides é de grande importância na cultura do algodão (Whitcomb 1971), visto que apresentam maior contribuição para o controle de pragas (Sterling *et al.* 1989). Whitcomb & Bell (1964) identificaram cerca de 600 espécies de predadores pertencentes a 45 famílias de insetos, 19 famílias de aranhas e 4 de ácaros em campo de algodão no Arkansas. Lopez *et al.* (1996) relata ainda como importantes inimigos naturais capazes de reduzir a população de pragas no agroecossistema algodoeiro, os grupos de predadores heterópteros (percevejos predadores), coleópteros (coccinelídeos), neuropteros (crisopídeos) e formigas lava-pé (*Solenopsis* spp.) e os parasitoides himenópteros (Trichogrammatidae, Braconidae e Ichneumonidae) e moscas (Tachinidae).

De forma geral os inimigos naturais na cultura do algodão pertencem aos grupos dos crisopídeos, percevejos, joaninhas, himenópteros, dípteros, ácaros, aranhas, dentre outros. As principais espécies de predadores e parasitoides com ocorrência na cultura do algodão foram listados por diversos autores (Whitcomb & Bell 1964, van den Bosch & Hagen 1966, Bohmfalk *et al.* 1983, Sterling *et al.* 1989, Lopez *et al.* 1996), com indicação de sua característica taxonômica, hospedeiro ou presa relacionado e aspectos biológicos.

Dentre as espécies de predadores e parasitoides de ocorrência natural e em diversas regiões do Brasil associadas ao agroecossistema algodoeiro podemos destacar algumas espécies como chave para o manejo de pragas: parasitoide de ovos [Lepidoptera: *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae)]; percevejos Pentatomidae: *Telenomus podisi* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae)]; parasitoides de pulgões [*Aphelinus gossypii* Timberlake (Hymenoptera: Aphelinidae) e *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Aphidiidae), parasitoides do bicudo-do-algodoeiro [*Bracon vulgaris* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae)];

predadores de pulgões [crisopídeos, em especial *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), as joaninhas predadoras *Eriopis conexa* Germar, *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, *Cycloneda sanguinea* L. e *Scymnus* spp. (Coleptera: Coccinellidae), e larvas de Syrphidae (várias espécies)]; tesourinhas predadoras *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Anisolabididae) e *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae), percevejos predadores de ovos, insetos e ácaros adultos pragas de corpo macio como ácaros, tripes, pulgões, e etc. [*Orius insidiosus* e *Geocoris* spp; (Hemiptera: Geocoridae)]; predadores de lagartas como *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae), predador de lagartas e de larvas e pupas do bicudo-do-algodoeiro, *Selenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae), ácaros predadores e espécies de Carabidae (Bastos & Torres 2005, Faria *et al.* 2006, Pallini *et al.* 2006, Thomazoni *et al.* 2014). Assim, podemos observar uma grande diversidade de inimigos naturais associada as pragas do agroecossistema algodoeiro.

O uso dos inseticidas sintéticos de forma indiscriminada na cultura do algodão pode resultar em antagonismo ao controle biológico, além da ressurgência de pragas e surtos de pragas secundárias, em especial ácaros (Wilson *et al.* 1998), pulgões (Godfrey *et al.* 2000) e mosca-branca (Oliveira *et al.* 2001). A única abordagem aceitável para preservação efetiva no controle biológico é através do emprego de inseticidas seletivos, capaz de controlar a praga e manter os inimigos naturais na área (Smith & Hagen 1959, van den Bosch & Stern 1962, DeBach & Rosen 1991). Inseticidas seletivos podem desempenhar um importante papel na conservação da ampla gama de inimigos naturais presentes na cultura do algodoeiro, contribuindo para o MIP-algodão (Tillman & Mulrooney 2000).

Desta forma, este trabalho de tese objetivou verificar a suscetibilidade do bicudo-do-algodoeiro as misturas comerciais de inseticidas prontas para o uso recomendadas para o algodoeiro, bem como determinar a sobrevivência de algumas espécies de inimigos naturais chave

para o manejo de pragas do algodoeiro a sete inseticidas selecionados representando os sete principais grupos de inseticidas recomendados para o manejo de pragas do algodoeiro.

### Literatura Citada

- AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários). 2015.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons.](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.)> Acesso em 15/03/2015.
- Ahmad, M., M.A. Saleem & H.A. Sayyed. 2009.** Efficacy of different insecticide mixtures against pyrethroid and organophosphate-resistant populations of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Manag. Sci.* 65: 266-274.
- Attique, M.N.R., Khaliq, A. & A.H. Sayyed. 2006.** Could resistance to insecticides in *Plutella xylostella* (Lep., Plutellidae) be overcome by insecticide mixtures? *J. Appl. Entomol.* 130: 122-127.
- Barbosa, S., R. Braga Sobrinho, M.J. Lukefahr & O.G. Bengola. 1983.** Relatório sobre ocorrência do bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, “Boll Weevil” no Brasil e recomendações para sua erradicação. Campina Grande: Embrapa - CNPA, 12p. (Documento 21).
- Barros, E.M. & J. Crosariol Netto. 2015.** Oculto e abundante. *Cultivar Grandes Culturas* 191: 10-12.
- Bastos, C.S. & J.B. Torres. 2005.** Controle biológico como opção no manejo de pragas do algodoeiro. Campina Grande: Embrapa Algodão, 28p. (Circular técnica no. 72).
- Bastos, C.S., M.J.B Pereira, E.K. Takizawa, G. Ohl & V.R. Aquino. 2005.** Bicudo do algodoeiro: identificação, biologia, amostragem e táticas de controle. Campina Grande: Embrapa Algodão, 31p. (Circular Técnica 79).
- Beltrão, N.E.M. 2004.** Pragas do algodoeiro, p. 123-134. In N.E.M. Beltrão & A.E. Araújo (eds.), *Algodão: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 265p.
- Bohmfolk, G.J., R.E. Frisbie, W.L. Sterling, R.B. Metzger & A.E. Knutson. 1983.** Identification, biology and sampling of cotton insects. *Tex. Agric. Ext. Serv. Bull.* B933: 1-43p.
- Braga Sobrinho, R. & M.J. Lukefahr. 1983.** Bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman): nova ameaça a cotonicultura brasileira, biologia e controle. Campina Grande: Embrapa, 32p.

- Brattsten, L.B., C.W. Holyoke, J.R. Leeper & K.F. Raffa. 1986.** Insecticide resistance: challenge to pest management and basic research. *Science* 231: 1255-1260.
- Burke, H.R., W.E. Clark, J.R. Cate & P.A. Fryxell. 1986.** Origin and dispersal of the boll weevil. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 32: 228-238.
- Busoli, A.C., J.J Soares, F.M. Lara. 1994.** O bicudo do algodoeiro e seu manejo. Jaboticabal, FUNEP, 32p.
- Cloyd, R.A. 2011.** Pesticide mixtures, p. 69-80. In M. Stoytcheva (ed.), *Pesticides formulations, effects, fate*. Rijeka, InTech, 808p.
- Coakley, J.M., F.G. Maxwell & J.N. Jenkins. 1969.** Influence of feeding, oviposition and egg and larval development of the boll weevil on abscission of cotton squares. *J. Econ. Entomol.* 62: 244-248.
- CONAB (Companhia Nacional do Abastecimento). 2015.** Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Monitoramento Agrícola 2014/2015 – Décimo Levantamento – Julho/2015. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 113p.
- Corbel, V., M. Raymond, F. Chandre, F. Darriet & J.M. Hougard. 2003.** Efficacy of insecticide mixtures against larvae of *Culex quinquefasciatus* (Say) (Diptera: Culicidae) resistant to pyrethroids and carbamates. *Pest Manag. Sci.* 60: 375-380.
- Crosariol Netto, J., P.E. Degrande & E.P. Melo. 2014.** Seletividade de inseticidas e acaricidas aos inimigos naturais na cultura do algodão. Cuiabá: Instituto Mato-grossense do Algodão – IMAmt, 4p. (Circular Técnica no. 14).
- Cross, W.H. & D.D. Hardee. 1968.** Traps for survey of overwintered boll weevil populations. *Coop. Econ. Ins. Rpt.* 18: 430.
- Cross, W.H. 1973.** Biology, control and eradication of the boll weevil. *Annu. Rev. Entomol.* 13: 17-46.
- CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança). 2015.** Resumo Geral de Plantas Geneticamente modificadas aprovadas para Comercialização. Disponível em: <[http://www.ctnbio.gov.br/upd\\_blob/0002/2086.pdf](http://www.ctnbio.gov.br/upd_blob/0002/2086.pdf)>. Acesso em 12/06/2015.
- Cuadrado, G. A. 2002.** *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) in central and southwest area of Misiones, Argentina: pollen as feeding source and their relationship with the physiological state in adult insects. *Neotrop. Entomol.* 31: 121-132.
- Curtis, C.F. 1985.** Theoretical models of the use of insecticide mixtures for management of resistance. *Bull. Entomol. Res.* 75: 259-265.
- DeBach, P. & D. Rosen. 1991.** Biological control by natural enemies, 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge, 440p.

- Degrande, P.E. 1991a.** Aspectos biológicos do bicudo, p. 11-27. In P.E. Degrande (ed.), *Bicudo do algodão: manejo integrado*. Dourados, UFMS/EMBRAPA – UEPAE, 141p.
- Degrande, P.E. 1991b.** *Bicudo do algodoeiro: táticas de controle para o Mato Grosso do Sul*. Dourados, UFMS/NCA, 16p.
- Degrande, P.E. 1998.** *Guia prático de controle das pragas do algodoeiro*. Dourados, UFMS, 60p.
- Faria, M.R., J.G. Lundgren, E.M.G. Fontes, O.A. Fernandes, F. Schmidt, N. van Tuat & D.A. Andow. 2006.** Assessing the effects of Bt cotton on generalist arthropod predators, p. 175-199. In A. Hilbeck, D.A. Andow & E.M.G. Fontes (eds.), *Environmental risk assessment of genetically modified organisms. Vol. 2. Methodologies for assessing Bt cotton in Brazil*. Wallingford: CAB International, 373p.
- Fitt, G.P. 2000.** An Australian approach to IPM in cotton: integrating new technologies to minimise insecticide dependence. *Crop Prot.* 19: 793-800.
- Fortucci, P. 2002.** The Contributions of Cotton to Economy and Food Security in Developing Countries, FAO. In: <[https://www.icac.org/meetings/cgtn\\_conf/documents/11\\_fortucci.pdf](https://www.icac.org/meetings/cgtn_conf/documents/11_fortucci.pdf)> Acessado em 10/07/2015
- Gallo, D., O. Nakano, S.S. Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. Batista, E.B. Filho, J.R.P. Parra, R.A. Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S. Lopes & C. Omoto. 2002.** *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 920p.
- Godfrey, L., J.A. Rosenheim & P.B. Goodell. 2000.** Cotton aphid emerges as major pest in SJV cotton. *Calif. Agric.* 54: 26-29.
- Greenberg, S.M., T.W. Sappington, M. Setamou & R.J. Coleman. 2003.** Influence of different cotton fruit sizes on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) oviposition and survival to adulthood. *Environ. Entomol.* 33: 443-449.
- Greenberg, S.M., T.W. Sappington, M. Sétamou, J.S. Armstrong, R.J. Coleman & T.X. Liu. 2007.** Reproductive potential of overwintering, F1, and F2 female boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Environ. Entomol.* 36: 256–262.
- Hardee, D.D., J.W. Van Duyn, M.B. Layton & R.D. Bagwell. 2001.** Bt cotton e management of the tobacco budworm-bollworm complex. Stoneville: USDA-ARS, 38p.
- Holloway, J. & N.W. Forrester. 1998.** New insecticide chemistry for Australian cotton. *Proc. 9th Australian Cotton Conf.* 1: 603-610.
- Kiawu, J., C. Valdes & S. MacDonald. 2011.** Brazil’s Cotton Industry: Economic Reform and Development. Disponível em: <[http://www.ers.usda.gov/media/111523/ews11d01\\_1.pdf](http://www.ers.usda.gov/media/111523/ews11d01_1.pdf)>. Acesso em 06/05/2015.
- Kuester, A.P., R.W. Jones, T.W. Sappington, K.S. Kim. 2012.** Population structure and genetic diversity of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) on *Gossypium* in North America. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 105: 902-916.



- Leggett, J.E. 1986.** Uso de armadilhas de feromônio para levantamento e detecção e controle do bicudo, p. 145-158. In S. Barbosa, M.J. Lukefahr & R. Braga Sobrinho (eds.), O bicudo do algodoeiro. Brasília: EMBRAPA-DDT, 314p.
- Lima Junior, L.S., P.E. Degrande, J.E. Miranda & W.J. Santos. 2013.** Evaluation of the boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) suppression program in the state of Goiás, Brazil. Neotrop. Entomol. 42: 82-88.
- Lloyd, E.P. 1986.** Ecologia do bicudo do algodoeiro, p. 134-144. In S. Barbosa, M.J. Lukefahr & R. Braga Sobrinho (eds.), O bicudo do algodoeiro. Brasília: EMBRAPA-DDT, 314p.
- López Jr, J.D., W.L. Sterling, D.A. Dean & D.A. Nordlund. 1996.** Biology and ecology of important predators and parasites attacking arthropod pests, p. 87-142. E.G. King, J.R. Phillips & R.J. Coleman (eds.), Cotton insect and mites: characterization and management. Memphis, The Cotton Foundation, 1008p.
- Lu, Y., K. Wu, Y. Jiang, B. Xia, P. Li, H. Feng, K.A.G. Wyckhuys & Y. Guo. 2010.** Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. Science 328: 1151-1154.
- Lu, Y., K. Wu, Y. Jiang, Y. Guo & N. Desneux. 2012.** Widespread adoption of Bt cotton and insecticide decrease promotes biocontrol services. Nature 487: 362-365.
- Miranda, J.E. 2010.** Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiros. Campina Grande: Embrapa Algodão, 36p. (Circular Técnica no. 131).
- Miranda, J.E. 2013.** Perdas por pragas e impacto sobre o custo de produção do algodão brasileiro nas safras 2011/12 e 2012/13. In IX Congresso Brasileiro de Algodão, Brasília, DF. CD-Room.
- Naranjo, S.E. 2009.** Impacts of Bt crops on non-target invertebrates and insecticide use patterns. CAB Rev.: Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Res. 4: 1-23.
- Nasir, M., M. Imran & M. Ahmad. 2013.** Pyrethroids synergize new chemical insecticides in field populations of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Pakistan J. Zool. 45: 629-633.
- Neves, R.C.S., A.T. Showler, E.S. Pinto, C.S. Bastos & J.B. Torres. 2013.** Reducing boll weevil populations by clipping terminal buds and removing abscised fruiting bodies. Entomol. Exp. Appl. 146: 276-285.
- O'Connor-Marer, P.J. 2000.** Pesticides, p. 65-108. In P.J. O'Connor-Marer (ed.), The safe and effective use of pesticides. Agriculture & Natural Resources, Oakland, 342p.
- Oliveira, M.R.V., T.J. Henneberry & P. Anderson. 2001.** History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. Crop Prot. 20: 709-723.
- Pallini, A., P. Silvie, R.G. Monnerat, F.S. Ramalho, J.M. Songa & A.N.E. Birch. 2006.** Non-target and biodiversity impacts on parasitoids, p. 200-224. In A. Hilbeck, D.A. Andow &

E.M.G. Fontes (eds.), Environmental risk assessment of genetically modified organisms. Vol. 2. Methodologies for assessing Bt cotton in Brazil. Wallingford: CAB International, 373p.

**Praça, L.B. 2007.** *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae). Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 23p. (Documento no. 216).

**Ramalho, F.S. & Wanderley, P.A. 1996.** Ecology and management of the boll weevil in South American cotton. *Am. Entomol.* 42: 41-47.

**Ramalho, F.S. 1994.** Cotton pest management: Part 4. A Brazilian perspective. *Annu. Rev. Entomol.* 39:563-578.

**Richetti, A., G.A. Melo Filho, F.M. Lamas, L.A. Staut & A.C. Fabrício. 2004.** Estimativa do custo de produção de algodão, safra 2004/05, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. , Dourados: Embrapa Pecuária Oeste, 16p. (Comunicado Técnico no. 91).

**Roush, R.T. 1993.** Occurrence, genetics, and management of insecticide resistance. *Parasitol. Today* 9: 174-179.

**Showler, A.T. & R.V. Cantú. 2005.** Intervals between boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) oviposition and square abscission, and development to adulthood in Lower Rio Grande Valley, Texas, field conditions. *Southwest. Entomol.* 30: 161-164.

**Showler, A.T. 2004.** Influence of adult boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) food resources on fecundity and oviposition. *J. Econ. Entomol.* 97: 1330-1334.

**Showler, A.T. 2008.** Longevity and egg development of adult female boll weevils fed exclusively on different parts and stages of cotton fruiting bodies. *Entomol. Exp. Appl.* 127:125-132.

**Showler, A.T. 2010.** Do boll weevils really diapause? *Am. Entomol.* 56: 100-105.

**Smith, R.F. & Hagen, K.S. 1959.** The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. Pt. III. Impact of commercial insecticide treatments. *Hilgardia* 29: 131-154.

**Soares, J.J. & P.T. Yamamoto. 1993.** Comportamento de oviposição de *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) em diferentes níveis de infestação natural. *An. Soc. Entomol. Brasil* 22: 333-339.

**Soria, M.F., D. Thomazoni, R. Tachinardi & P.E. Degrande. 2013.** Alerta para o bicudo-do-algodoeiro: breve panorama pré-safra 2012/13 e ações para o combate da praga. Cuiabá: Instituto Mato-grossense do Algodão – IMAmt, 4p. (Circular Técnica IMAmt no. 003).

**Stadler, T. & M. Buteler. 2007.** Migration and dispersal of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) in South America. *Rev. Soc. Entomol. Argentina* 66: 205-217.

**Sterling, W.L., K.M. El-Zik & L.T. Wilson. 1989.** Biological control of pest populations, p. 155-189. In R.E. Frisbie, K.M. El-Zik & L.T. Wilson (eds.), *Integrated pest management systems and cotton production*. New York: Wiley, 437p.

- Thomazoni, D., P.J. Silvie & M.F. Soria. 2014.** Inimigos naturais em algodoeiro. Primavera do Leste: Instituto Mato-grossense do Algodão – IMAmt, 108p. (Boletim de Identificação nº 2).
- Tillman, P.G. & J.E. Mulrooney. 2000.** Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. J. Econ. Entomol. 93: 1638-1643.
- Torres, J.B. 2008.** Controle de pragas do algodoeiro: Expectativas de mudanças. Cienc. Agric. 8:37-49.
- Torres, J.B., I.A.V.F.Pontes, R.L. Santos & R.C.S. Neves. 2009.** Principais pragas do algodoeiro em Pernambuco. Informativo REDALGO: Pragas do Algodoeiro. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 6p.
- van Den Bosch, R. & K.S. Hagen. 1966.** Predaceous and parasitic arthropods in California cotton fields. Univ. Calif. Agr. Exp. Sta. Bull. 820: 1-32.
- van Den Bosch, R. & V.M. Stern. 1962.** The integration of chemical and biological control in arthropod pests. Annu. Rev. Entomol. 7: 367-386.
- van Den Bosch, R., & K.S. Hagen. 1966.** Predaceous and parasitic arthropods in California cotton fields. Univ. Calif. Agr. Exp. Sta. Bull. 32: 820.
- Whitcomb, W.H. & K. Bell. 1964.** Predaceous insects, spiders, and mites of Arkansas cotton fields. Ark. Agric. Exp. Stat. Bull. 690: 1-84.
- Whitcomb, W.H. 1971.** History of integrated control as practiced in the cotton fields of the south central United States. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Anim. Contr. Habitat Manag. 2: 147-155.
- White, J.R & D.R. Rummel. 1978.** Emergence profile of overwintered boll weevils and entry into cotton. Envirom. Entomol. 7: 7-14.
- Wilson, L.J., L.R. Bauer & D.A. Lally. 1998.** Effect of early season insecticide use on predators and outbreaks of spider mites (Acari: Tetranychidae) in cotton. Bull. Entomol. Res. 88: 477-488.
- Zhu, K.Y. 2004.** Synergism, p. 2171-2173. In J.L. Capinera (ed.), Encyclopedia of Entomology, vol. 3. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 4346p.

## CAPÍTULO 2

### SUSCEPTIBILIDADE DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO À MISTURAS DE INSETICIDAS PRONTAS PARA USO <sup>1</sup>

EDUARDO M. BARROS<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua  
Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

<sup>3</sup>IF Goiano - Campus Rio Verde. Rod Sul Goiana, Km 01, Zona Rural,  
75901-970 - Rio Verde, GO, Brasil.

---

<sup>1</sup>Eduardo M. Barros. Susceptibilidade do bicudo-do-algodoeiro a misturas de inseticidas prontas para uso. A ser submetido à Pesquisa Agropecuária Brasileira.

RESUMO - *Anthonomus grandis grandis* é a principal praga do algodoeiro no Brasil sendo o uso de inseticidas a principal prática de controle empregada. A suscetibilidade do bicudo-do-algodoeiro foi determinada a inseticidas em formulação simples ou em misturas pronta para uso. Curvas de concentração-mortalidade foram calculadas para adultos que foram confinados sobre material verde contendo resíduo dos inseticidas obtidos pelo método de mergulho do substrato na calda inseticida. Dez formulações foram estudadas sendo cinco formulações simples (lambda-cialotrina, tiametoxam, clorantraniliprole, fenitrotiona e esfenvalerato) e cinco misturas (lambda-cialotrina+tiametoxam, lambda-cialotrina+clorantraniliprole, tiametoxam+clorantraniliprole, e fenitrotiona+esfenvalerato). Folhas e cotilédones do algodoeiro foram mergulhados na calda inseticida, ofertados aos adultos do bicudo por 48h, sendo então avaliado a mortalidade. A concentração letal ( $CL_{50s}$ ) variou de 0,004 a 0,114 g i.a./L com potência relativa entre formulação simples e misturas variando de 1,37 a 29,59 vezes. A lambda-cialotrina e o tiametoxam em formulações simples foram os inseticidas mais tóxicos para o bicudo. Entre as misturas, aquela preparada com lambda-cialotrina+clorantraniliprole resultou em efeito sinergista, enquanto as demais misturas mostraram efeito antagonista. Portanto, exceto a mistura de lambda-cialotrina+clorantraniliprole, as demais misturas não demonstraram maior toxicidade para o bicudo-do-algodoeiro e devem ser recomendadas quando objetivando o controle de diferentes pragas.

PALAVRAS-CHAVE: *Anthonomus grandis*, índice de combinação de inseticidas, controle químico, inseticida de largo espectro

## SUSCEPTIBILITY OF BOLL WEEVIL TO INSECTICIDES MIXTURES READY-TO-USE

**ABSTRACT** – *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) is the major cotton pest in Brazil with insecticides as the main curative control tool. We determined the susceptibility of boll weevil to insecticides either in single or in mixture ready-to-use formulations registered to spray cotton fields. Concentration-mortality curves were determined to adults through dried residues and ingestion simultaneously using standard dipping method. Ten insecticide formulations five in single (lambda-cyhalothrin, thiamethoxam, chlorantraniliprole, fenitrothion and esfenvalerate) and five in mixture (lambda-cyhalothrin+thiamethoxam, lambda-cyhalothrin+chlorantraniliprole, thiamethoxam+chlorantraniliprole, and fenitrothion+esfenvalerate) were studied. Cotton leaf discs and cotyledons were dipped into insecticide dilutions prepared by diluting the commercial products into distilled water. Adult mortality was assessed 48h after caging the adults on treated and untreated materials. The LC<sub>50s</sub>-concentrations varied from 0.004 to 0.114 g a.i./L with a relative potency between single and mixture varying from 1.37- to 29.59-fold. Further, lambda-cyhalothrin and thiamethoxam in single formulation were the most toxic insecticides to boll weevil. Among insecticide mixtures only lambda-cyhalothrin+chlorantraniliprole resulted in synergic effect; while the remaining mixtures showed antagonistic effect. Therefore, except the mixture of lambda-cyhalothrin+chlorantraniliprole, the remaining mixtures did not enhance toxicity against the boll weevil and should be recommended only when aiming different purposes.

**KEY WORDS:** *Anthonomus grandis*, insecticide combination index, chemical control, broad-spectrum insecticide

## Introdução

A cultura do algodão ocupa o primeiro lugar na utilização de inseticidas por hectare cultivado, entre as grandes culturas do agronegócio no Brasil (Oliveira *et al.* 2014), o que também se repete em várias regiões do mundo (Oerke 2006). Por outro lado, os avanços no manejo integrado de pragas do algodoeiro, pelo uso de plantas geneticamente modificadas para resistência a lepidópteros pragas (i.e., plantas Bt), têm levado à redução do uso de inseticidas em algodoeiro (Fitt 2000, Naranjo 2009, Lu *et al.* 2010, 2012). Além disso, tem se buscado a utilização de inseticidas pertencentes a novas moléculas de menor toxicidade (Holloway & Forrester 1998) para substituição dos inseticidas de largo espectro, de alta toxicidade e de longo residual (Wilson *et al.* 1998, Tayyib *et al.* 2005, Lahm *et al.* 2009, Rudramuni *et al.* 2011).

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae), é considerado a principal praga do algodoeiro nas regiões de sua ocorrência, isto devido a sua capacidade destrutiva e difícil manejo (Ramalho 1994), além de não ser alvo das plantas Bt (Hardee *et al.* 2001). Assim, o controle do bicudo-do-algodoeiro, após a sua entrada nas lavouras, depende basicamente de pulverizações com inseticidas de largo espectro pertencentes aos grupos dos organofosforados, piretroides, carbamatos e neonicotinoides visando o controle de adultos. Novas moléculas inseticidas de menor impacto para a fauna benéfica e de menor toxicidade são recomendados, porém não são capazes de restringir o crescimento populacional do bicudo-do-algodoeiro de forma similar aos inseticidas de largo espectro, tanto baixa toxicidade destes novos inseticidas, quanto pela biologia da praga, que somente é exposta aos inseticidas durante a fase adulta (Barros & Crosariol Netto 2015). Como consequências, além do custo elevado de controle de pragas pelas múltiplas pulverizações realizadas (Miranda 2006, Lima Junior *et al.* 2013), a convergência para uso de inseticidas de largo espectro resulta em desequilíbrio na comunidade de insetos benéficos, levando ao ressurgimento de pragas e surtos de pragas secundárias,

especialmente de ácaros (Wilson *et al.* 1998), pulgões (Godfrey *et al.* 2000) e mosca-branca (Oliveira *et al.* 2001).

Atualmente, cerca de 27 ingredientes ativos são formulados em 98 produtos comerciais registrados para controle do bicudo-do-algodoeiro no Brasil (AGROFIT 2015). Deste total, doze são misturas comerciais de dois diferentes ingredientes ativos (AGROFIT 2015). Fato que justificou a escolha de inseticidas com ingredientes ativos isolados e em misturas utilizados neste trabalho, além do histórico de uso nas propriedades produtoras de algodão.

A mistura comercial de inseticidas é uma combinação de duas ou mais moléculas em uma única formulação, sendo uma mistura pronta para uso (Brattsten *et al.* 1986, Roush 1993, O'Connor-Marer 2000, Cloyd 2011), diferente das misturas de tanque feitas comumente nas propriedades rurais no momento da aplicação. As misturas comerciais de inseticidas buscam o controle da praga alvo com menor uso de ingrediente ativo (Corbel *et al.* 2003, Zuh 2004), bem como auxiliar no manejo de complexo de pragas representado por diversas espécies ocorrendo simultaneamente. Um bom exemplo disso é na cultura do algodão, onde o bicudo-do-algodoeiro pode colonizar as lavouras durante o início da fase reprodutiva, podendo se manter até o fim do ciclo da cultura, simultaneamente, tem-se a ocorrência de todas as lagartas desfolhadoras, pulgão, ácaros, mosca-branca e percevejos de maçãs. Além disso, as misturas podem constituir em ferramenta no manejo de resistência de insetos a inseticidas (Attique *et al.* 2006, Ahmad *et al.* 2009, Nasir *et al.* 2013), visto que as chances iniciais de ocorrer resistência a ambos inseticidas das misturas são raras (Curtis 1985).

Para atingir os objetivos esperados, é necessário que a praga alvo apresente maior suscetibilidade à mistura do que aos inseticidas utilizados isoladamente; porém, podem ser observados efeito aditivo, sinérgico ou antagônico das moléculas em mistura (Chou & Talalay 1984). Desta forma, este trabalho objetivou avaliar a suscetibilidade de uma população do bicudo-



do-algodoeiro a formulações comerciais de inseticidas isolados ou em mistura, bem como determinar o efeito produzido pela interação de cada mistura de inseticida testada através do índice de combinação.

### **Material e Métodos**

O estudo foi conduzido no Laboratório de Controle Biológico e Ecologia de Insetos do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Adultos do bicudo-do-algodoeiro utilizados nos experimentos foram obtidos através de coletas de botões florais e maçãs atacadas em campo comercial de algodão, no município de Surubim, PE (07° 53' 48.9'' S e 35° 49' 19.2'' O). Estudos prévios caracterizaram a população de bicudos-do-algodoeiro proveniente dessa área como susceptíveis a organofosforados, piretróides e espinosinas (Spíndola *et al.* 2013). O material coletado foi acondicionado em bandejas no interior de gaiolas de acrílico transparente de 44 x 35 x 45 cm (altura x largura x comprimento), mantidas em laboratório a temperatura de  $25 \pm 1$  °C e fotoperíodo de 12h até a emergência dos adultos. Os adultos foram coletados diariamente, mantidos em grupos em potes plásticos de 1 L, alimentados botões florais e cotilédones de algodoeiro antes da exposição aos inseticidas.

**Inseticidas.** Os inseticidas foram testados em formulação isolada ou em misturas conforme especificados na Tabela 1: Karate Zeon<sup>®</sup> 50 CS (lambda-cialotrina – 50g/L, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda), Actara<sup>®</sup> 250 WG (tiametoxam – 250 g/L, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda), Prêmio<sup>®</sup> 200 SC (clorantraniliprole – 200 g/L, DuPont do Brasil S.A.), Sumithion<sup>®</sup> 500 EC (fenitrotiona – 500 g/L, Iharabras S/A Indústrias Químicas) e Sumidan<sup>®</sup> 25 EC (esfenvalerato – 25 g/L, Iharabras S/A Indústrias Químicas); e em formulações de misturas comerciais: Engeo Pleno<sup>®</sup> 247 SC (lambda-cialotrina + tiametoxam – 106 + 141 g/L, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda), Ampligo<sup>®</sup> 150 SC (lambda-cialotrina + clorantraniliprole – 50 + 100 g/L, Syngenta

Proteção de Cultivos Ltda), Voliam Flexi® 300 SC (tiametoxam + clorantraniliprole – 200 + 100 g/L, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda) e Pirephos® 840 EC (fenitrotiona + esfenvalerato – 800 + 40 g/L, Iharabras S/A Indústrias Químicas), os quais foram adquiridos em mercado especializado.

**Curvas de Concentração-Mortalidade.** As curvas de concentração-mortalidade foram estimadas via resíduo seco dos inseticidas em folhas e botões florais de algodoeiro tratados (contato e ingestão simultaneamente). Este método foi adaptado do método IRAC no. 7 de mergulho de folhas na calda inseticida (IRAC 2010). Inicialmente, foram realizados testes preliminares para cada inseticida a partir da dosagem de campo recomendada para o controle do bicudo-do-algodoeiro, considerando o volume de calda de 150 L/ha. No caso dos produtos não registrados para controle de *A. grandis* foram utilizadas doses recomendadas para controle de *Heliothis virescens* (Fabr.) (Lep.: Noctuidae) na cultura do algodoeiro (AGROFIT, 2015). Diluições seriais dos inseticidas em fator de 10 foram realizadas, a fim de determinar o intervalo de concentrações produzindo 0 a 100% de mortalidade. A partir dessas informações, foram selecionadas entre 5 a 7 concentrações diluídas em água + espalhante adesivo Will Fix® (Charmon Destyl Indústria Química Ltda, Campinas, SP, Brasil) a 0,02% para estimar os parâmetros das curvas de concentração-mortalidade, sendo o controle constituído apenas de água + espalhante adesivo. Discos de folhas expandidas de algodoeiro (8,5 cm de diâmetro) e cotilédones foram tratados via imersão por 10 segundos nas caldas dos inseticidas ou controle. Após o tratamento, as folhas foram mantidas sobre papel toalha para secar em temperatura ambiente e posteriormente foram transferidas para placas de Petri de vidro (9 cm de diâmetro), forradas com um disco de papel filtro levemente umedecido. Adultos do bicudo-do-do algodoeiro com 5-6 dias de idade foram transferidos para as placas com os respectivos tratamentos e mantidos em contato com os discos tratados por 48h. Após esse período, indivíduos eram dados como mortos caso fossem tocados

com pincel e não se movessem. Em função do comportamento de tanatose dos adultos do bicudo-do-algodoeiro, os indivíduos imóveis após a perturbação eram transferidos para placas de petri limpas e observados por até 30 minutos para confirmação da mortalidade. Para fins de análise, apenas a mortalidade observada após 48h de exposição foi considerada. Cada concentração foi testada duas vezes com no mínimo 20 adultos para cada inseticida, totalizando de 224 a 320 adultos testados por tratamento.

**Análises.** Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit (Finney 1971), estimando a  $CL_{50}$  e intervalos de confiança (IC95%) utilizando o pacote estatístico Proc Probit do software SAS (SAS Institute 2001). Para o cálculo das potências relativas ( $PR_{50}$ ) foi considerado como padrão aquele inseticida que apresentou menor  $CL_{50}$ . A  $PR_{50}$  e os respectivos intervalos de confiança (IC95%) foram calculados e as estimativas foram consideradas significativas quando o intervalo de confiança não incluiu o valor 1,0 (Robertson et al. 2007).

Para determinar se houve efeito antagônico, aditivo ou sinergista entre as misturas comerciais de inseticidas, foram calculados índices de combinação (ICB), através do método proposto por Chou & Talalay (1984), utilizando a fórmula:  $ICB = \{(CL^{1m}/CL^1) + (CL^{2m}/CL^2) + [(CL^{1m}/CL^1) * (CL^{2m}/CL^2)]\}$ , onde  $CL^{1m}$  e  $CL^{2m}$  foram estimadas a partir da proporção dos inseticidas presentes em cada mistura comercial;  $CL^1$  e  $CL^2$  correspondem às concentrações letais obtidas utilizando os inseticidas em formulações isoladas. Desta forma, se  $ICB = 1$ , indica efeito aditivo;  $ICB > 1$ , indica efeito antagonista; e  $ICB < 1$ , indica efeito sinergista. Todos os valores foram calculados baseados em 50% de mortalidade.

## Resultados

Os dados de mortalidade assumiram o modelo de Probit ( $P > 0,05$ ). As  $CL_{50}$ s estimadas variaram de 0,004 a 0,114 g i.a./L, resultando em uma potência relativa (PR) variando de 1,37 a

29,59-vezes (Tabela 2). Os inseticidas lambda-cialotrina e tiametoxam isolados foram os produtos mais tóxicos ao bicudo-do-algodoeiro quando comparado aos demais produtos testados. A mistura comercial de lambda-cialotrina + clorotraniliprole resultou em uma  $CL_{50}$  menor (0,005 g i.a./L), estatisticamente similar aos inseticidas lambda-cialotrina e tiametoxam usados isoladamente. Os inseticidas isolados fenitrotiona, clorotraniliprole e a mistura de fenitrotiona + esfenvalerato foram os menos tóxicos ao bicudo-do-algodoeiro, apresentando  $CL_{50}$  correspondente a 0,10; 0,082 e 0,114 g i.a./L, respectivamente (Tabela 2). Desta forma, a mistura fenitrotiona + esfenvalerato foi 29,59 vezes menos potente que a lambda-cialotrina, sendo o produto menos tóxico ao bicudo-do-algodoeiro, seguido pelos inseticidas fenitrotiona e clorotraniliprole que apresentaram potência relativa de 26,03 e 21,3 vezes menor que a lambda-cialotrina, respectivamente.

Considerando o índice de combinação (ICB) calculado, apenas a mistura dos inseticidas lambda-cialotrina + clorotraniliprole apresentou efeito sinérgico (índice de combinação < 1), enquanto as misturas lambda-cialotrina + tiametoxam, tiametoxam + clorotraniliprole e fenitrotiona + esfenvalerato apresentaram efeito antagônico (índice de combinação > 1) (Tabela 3). Nenhuma das misturas apresentou efeito aditivo (índice de combinação = 1).

### **Discussão**

De maneira geral, considerando apenas a toxicidade dos produtos testados, os resultados indicam que as misturas são menos eficientes para o controle do bicudo-do-algodoeiro do que os produtos recomendados utilizados isoladamente. Fato mais acentuado se compararmos a mistura de tiametoxam e lambda-cialotrina. Para alcançar a  $CL_{50}$  utilizando a mistura, foi necessário 0,009g de i.a., o que corresponde a aproximadamente 0,004g de lambda-cialotrina e 0,005g de tiametoxam; quantidades essas, que por si só correspondem à  $CL_{50}$  de cada um dos produtos aplicados isoladamente (Tabela 2). Situação similar ocorre na mistura entre fenitrotiona e

esfenvalerato, na qual a quantidade de fenitrationa na  $CL_{50}$  da mistura é a mesma requerida quando o produto é utilizado isoladamente (i.e. 0,1g de i.a.). Ou seja, em ambas as misturas, a quantidade de i.a. de apenas um dos componentes seria suficiente para alcançar um resultado similar, caso os mesmos fossem utilizados isoladamente. Interessantemente, o fato se reflete nas doses recomendadas dos produtos em campo, em três das quatro misturas testadas, a quantidade de ingrediente ativo de cada componente da mistura na dose recomendada em campo, no geral, é igual ou maior do que a quantidade recomendada para aplicação isolada dos mesmos (AGROFIT 2015).

A mistura de clorantraniliprole e lambda-cialotrina; no entanto, apresentou redução significativa da estimativa da  $CL_{50}$  quando comparado com clorantraniliprole isolado, resultando em um índice de combinação menor que 1, caracterizando efeito sinérgico. O efeito sinérgico observado parece estar relacionado à redução na quantidade de clorantraniliprole em relação ao uso do produto isolado, provavelmente em consequência da alta susceptibilidade da população do bicudo-do-algodoeiro testada ao lambda-cilaotrina presente na mistura (Spindola *et al.* 2013). Apesar da significativa redução na quantidade de ingrediente ativo em relação a  $CL_{50}$  do clorantniliprole, o efeito tóxico da mistura com tiametoxan não foi tão expressivo quanto na mistura com Lamda-cialotrina, resultando em um índice de combinação indicando efeito antagônico. Os três inseticidas apresentarem modos de ação e toxicocinética completamente diferentes, sendo plausível considerar que os efeitos observados sejam resultado da atuação isolada de cada uma das moléculas.

Modelos gerais para explicar o sinergismo entre inseticidas foram propostos por Corbett (1974). Se os inseticidas exibem modos de ação e toxicocinética (absorção, distribuição, biotransformação e excreção) completamente diferentes, espera-se que não ocorra interação entre eles. Isto porque a resposta do organismo seria similar caso outro produto fosse ou não aplicado

em associação. Entretanto, sabe-se que inseticidas com modos de ação distintos podem interagir em termos de destoxificação metabólica, e conseqüentemente, potencializar a toxicidade dos inseticidas (Corbett 1974). Por exemplo, em interações entre organofosforados e piretróides, a ativação das moléculas de organofosforados ocorre através da ação de monoxigenases, enzimas também relacionadas à resistência a piretróides via detoxificação metabólica. A atuação das enzimas na ativação dos organofosforados resulta em menor disponibilidade das mesmas para atuação na clivagem das moléculas de piretróides (Attique *et al.* 2006). A falta de sinergismo entre mistura de organofosforado + piretroide em nosso estudo, provavelmente está relacionada ao fato de a população do bicudo-do-algodoeiro utilizada nos experimentos não apresentar resistência (Spíndola *et al.* 2013).

A competição por substrato também pode estar relacionada à acentuada interação antagônica observada na mistura entre Lambda-cialotrina e Tiametoxan. Inseticidas piretróides atuam como moduladores dos canais de sódio, e piretróides tipo II como o Lambda-cialotrina prolongam o tempo de abertura dos canais e conseqüentemente o tempo de transmissão do impulso nervoso (Suderlund & Boomquist 2003). Corbel *et al.* (2003) relaciona o sinergismo entre piretróides e carbamatos ao maior acúmulo de acetilcolina na fenda sináptica, causado tanto pelo prolongamento do tempo de transmissão do impulso nervoso dos piretróides quanto pela inibição da acetilcolinesterase ocasionada pelos carbamatos. Neonicotinóides; no entanto, atuam como agonistas da acetilcolina, se ligando aos receptores do neurotransmissor, porém não são degradados pela acetilcolinesterase (IRAC 20110). Assim, o acúmulo de acetilcolina na fenda sináptica ocasionada pela exposição ao piretróide pode resultar em competição pelos receptores do neurotransmissor com as moléculas de neonicotinóides, levando à redução na expressão do efeito tóxico de ambos.

Devido as dificuldades no controle do bicudo-do-algodoeiro, a mistura de inseticidas tem sido proposta visando aumentar a eficácia de controle e o controle de múltiplas pragas alvo, bem como a redução de custos com menor número de pulverizações. Na ocorrência de sinergismo entre as moléculas, pode permitir a redução na quantidade de produto utilizada para controle de pragas. No entanto, baseado na toxicidade de três das quatro misturas testadas ao bicudo-do-algodoeiro, os resultados obtidos indicam que a quantidade total de ingrediente ativo requerida na aplicação de misturas é maior quando comparada ao uso dos produtos isolados. Importante ressaltar que o efeito da interação de moléculas (sinergismo, aditivismo ou antagonismo) pode variar em função da proporção de cada uma na mistura (Corbel *et al.* 2003). Futuros estudos avaliando o eficiência de diferentes proporções de cada ingrediente ativo das misturas no controle do bicudo-do-algodoeiro devem ser considerados.

Novas moléculas de inseticidas têm sido disponibilizadas com eficiência comprovada no controle de pragas do algodoeiro (diamidas para lepidópteros; reguladores de crescimento - piriproxifem para mosca-branca; pimetrozina para pulgões e mosca-branca), mas com baixa ou nenhuma eficácia no controle do bicudo-do-algodoeiro. Por exemplo, clorantraniliprole exibe menor toxicidade ao bicudo-do-algodoeiro comparado ao Lambda-cialotrina e ao Tiametoxam e formulações simples. O desenvolvimento e produção de novas moléculas inseticidas são limitados e demorados, pois além de terem que apresentar comprovada toxicidade à praga alvo, devem também passar pelos elevados padrões de segurança toxicológica e ambiental (Ware 2003). Assim, a mistura de moléculas inseticidas de risco reduzido, pode configurar uma forma de ampliar o espectro de atividade contra pragas de ocorrência comum no ecossistema algodoeiro, porém com menor impacto sobre organismos não alvo.

A utilização de misturas pode aumentar a eficácia do controle contra uma única praga alvo e atrasar o desenvolvimento de resistência (Ahmad 2004, Attique *et al.* 2006, Ahmad *et al.* 2009,

Nasir *et al.* 2013). Por outro lado, o uso de misturas de inseticidas pode apresentar limitações, principalmente, quando é observado antagonismo entre as moléculas da mistura. Esta redução na eficiência da mistura induz aos produtores aumentarem a dosagem/quantidade de produto e frequência de aplicação, favorecendo a evolução de resistência na população da praga alvo. De fato, as misturas podem favorecer a resistência múltipla, pois diferentes mecanismos de resistência podem resultar em redução da suscetibilidade a diversos grupos químicos, dificultando ainda mais o manejo da praga (Ahmad 2004). O uso de misturas pode aumentar a pressão de seleção para a ocorrência de resistência múltipla, resultando em redução da suscetibilidade a diversos grupos químicos, dificultando ainda mais o manejo da praga (Ahmad 2004). Além disso, misturas de inseticidas seletivos com inseticidas de amplo espectro torna a mistura não seletiva a inimigos naturais. Por exemplo, a mistura do clorantraniliprole, considerado um produto seletivo/baixo risco (Brugger *et al.* 2010, Roubus *et al.* 2014), com produtos não seletivos como a lambda-cialotrina e o tiametoxam (Torres *et al.* 2003, Prabhaker *et al.* 2011). Portanto, em situações onde a ação de ambos inseticidas para controle de diferentes espécies praga simultaneamente não é necessária, é recomendável o uso de formulações isoladas, evitando aumento de custos e impacto negativo sobre organismos não alvo.

As principais contribuições frequentemente apontadas para o uso de misturas em relação ao emprego de produtos isolados para o manejo de pragas são a possibilidade da redução na quantidade de ingrediente ativo requerida (quando há ocorrência de efeito sinérgico) (Sun & Johnson 1960, Bynum Jr. *et al.* 1997, Asidi *et al.* 2005, Khan *et al.* 2013), maior eficiência no controle de populações resistentes e atraso seleção de alelos de resistência (Ahmad 2004, Asidi *et al.* 2005, Attique *et al.* 2006, Ahmad *et al.* 2009, Nasir *et al.* 2013) e permitir o controle de múltiplas espécies praga simultaneamente. Essas são características importantes, principalmente no agroecossistema algodoeiro, no qual se tem a ocorrência simultânea de diversas pragas ao longo



de todo o ciclo da cultura. Além disso, existem registros de populações resistentes das principais pragas do algodoeiro de ocorrência comum no Brasil, como ácaro-rajado, mosca-branca, lagartas-das-maçãs e desfolhadores e o bicudo-do-algodoeiro (Whalon et al. 2016). Assim, a recomendação do uso de misturas dos materiais testados pode ser justificada na cultura do algodoeiro, desde que atenda a pelo menos um desses objetivos.

Em conclusão, os inseticidas Lambda-cialotrina e Tiametoxam apresentaram alta toxicidade ao bicudo-do-algodoeiro em formulações isoladas quando comparados aos demais produtos testados. Além disso, entre as misturas avaliadas, apenas o Lamba-cialotrina+Clorantraniliprole resultaram em toxicidade sinérgica. Assim, a decisão pela recomendação das misturas prontas para uso testadas visando apenas o controle do bicudo-do-algodoeiro deve ser tomada com cautela.

### **Agradecimentos**

Ao suporte financeiro para a execução da pesquisa concedido pela Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), através do projeto APQ-0168-5.01/15 a J.B.T. e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) via projeto 301739/2016-1.

### **Literatura citada**

- AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários). 2015.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons.](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.)> Acesso em 15/03/2015.
- Ahmad, M. 2004.** Potentiation/antagonism of deltamethrin and cypermethrin with organophosphate insecticides in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest. Biochem. Physiol.* 80: 31-42.

- Ahmad, M., M.A. Saleem & A.H. Sayyed. 2009.** Efficacy of different insecticide mixtures against pyrethroid and organophosphate-resistant populations of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Manag. Sci.* 65: 266-274.
- Asidi, A.N., R. Guessan, A.A. Koffi, C.F. Curtis, J. Hougard, F. Chandre, V. Corbel, F. Darriet, M. Zaim & M.W. Rowland. 2005.** Experimental hut evaluation of bednets treated with an organophosphate (chlorpyrifos-methyl) or a pyrethroid (lambda-cyhalothrin) alone and in combination against insecticide-resistant *Anopheles gambiae* and *Culex quinquefasciatus*. *Malaria J.* 4:25.
- Attique, M.N.R., A. Khaliq & A.H. Sayyed. 2006.** Could resistance to insecticides in *Plutella xylostella* (Lep., Plutellidae) be overcome by insecticide mixtures? *J. Appl. Entomol.* 130: 122-127.
- Barros, E.M. & J. Crosariol Netto. 2015.** Oculto e abundante. *Cultivar Grandes Culturas*, 191: 10-12.
- Brattsten, L.B., C.W. Holyoke, J.R. Leeper & K.F. Raffa. 1986.** Insecticide resistance: challenge to pest management and basic research. *Science* 231: 1255-1260.
- Brugger, K.E., P.G. Cole, I.C. Newman, N. Parker, B. Scholz, P. Suvagia, G. Walker & T.G. Hammond. 2010.** Selectivity of chlorantraniliprole to parasitoid wasps. *Pest Manag. Sci.* 66: 1075-1081.
- Bynum Jr., E.D., T.L. Archer & F.W. Plapp Jr. 1997.** Comparison of banks grass mite and twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae): responses to insecticides alone and in synergistic combinations. *J. Econ. Entomol.* 90: 1125-1130.
- Chou, T.C. & P. Talalay. 1984.** Quantitative analysis of dose-effect relationships: the combined effects of multiple drugs or enzyme inhibitors. *Adv. Enz. Regul.* 22: 27-55.
- Cloyd, R.A. 2011.** Pesticide mixtures, p. 69-80. In M. Stoytcheva (ed.), *Pesticides formulations, effects, fate*. Rijeka: InTech, 808p.
- Corbel, V., M. Raymond, F. Chandre, F. Darriet & J.-M. Hougard. 2003.** Efficacy of insecticide mixtures against larvae of *Culex quinquefasciatus* (Say) (Diptera: Culicidae) resistant to pyrethroids and carbamates. *Pest Manag. Sci.* 60: 375-380.
- Corbett, J.R. 1974.** *The biochemical mode of action of pesticides*. New York: Academic Press, 330p.
- Curtis, C.F. 1985.** Theoretical models of the use of insecticide mixtures for management of resistance. *Bull. Entomol. Res.* 75: 259-265.
- Finney, D.J., 1971.** *Probit Analysis*. 3ed. Cambridge University Press, London, 333p.
- Godfrey, L., J.A. Rosenheim & P.B. Goodell. 2000.** Cotton aphid emerges as major pest in SJV cotton. *Calif. Agric.* 54: 26-29.

- Hardee, D.D., J.W. Van Duyn, M.B. Layton & R.D. Bagwell. 2001.** Bt cotton e management of the tobacco budworm-bollworm complex. Stoneville: USDA-ARS, 38p. (ARS-154).
- Holloway, J. & N.W. Forrester. 1998.** New insecticide chemistry for Australian cotton. Proc. 9th Australian Cotton Conf. 1: 603-610.
- IRAC, Insecticide Resistance Action Committee, 2010.** Method No: 007: Leaf eating Lepidoptera and Coleoptera. Disponível em: <http://www.irc-online.org/wpcontent/uploads/2009/09/Method007v3june09.pdf>. Acesso em 01/05/2015.
- Khan, H.A.A., W. Akram, S.A. Shad & J. Lee. 2013.** Insecticide Mixtures Could Enhance the Toxicity of Insecticides in a Resistant Dairy Population of *Musca domestica* L. PlosONE 8: e60929.
- Lahm, G.P., D. Cordova & J.D. Barry. 2009.** New and selective ryanodine receptor activators for insect control. Bioorg. Med. Chem. Lett. 17: 4127-4133.
- Lima Junior, L.S., P.E. Degrande, J.E. Miranda & W.J. Santos. 2013.** Evaluation of the boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) suppression program in the state of Goiás, Brazil. Neotrop. Entomol. 42: 82-88.
- Lu, K. Wu, Y. Jiang, B. Xia, P. Li, H. Feng, K.A.G. Wyckhuys & Y. Guo. 2010.** Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. Science 328: 1151-1154.
- Lu, Y., K. Wu, Y. Jiang, Y. Guo & N. Desneux. 2012.** Widespread adoption of Bt cotton and insecticide decrease promotes biocontrol services. Nature. 487: 362-365.
- Miranda, J.E. 2006.** Manejo de pragas do algodoeiro no Cerrado Brasileiro. Embrapa Algodão, Campina Grande, 22p. (Circular Técnica nº 98).
- Naranjo, S.E. 2009.** Impacts of Bt crops on non-target invertebrates and insecticide use patterns. CAB Rev.: Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Res. 4: 1-23.
- Nasir, M., M. Imran & M. Ahmad. 2013.** Pyrethroids synergize new chemical insecticides in field populations of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Pakistan J. Zool., 45: 629-633.
- O'Connor–Marer, P.J. 2000.** Pesticides, p. 65-108. In P.J. O'Connor-Marer (ed.), The safe and effective use of pesticides. Oakland: Agriculture & Natural Resources, 342p.
- Oerke, E.C. 2006.** Crop losses to pests. J. Agric. Sci. 144: 31-43.
- Oliveira, C.M., A.M. Auad, S.M. Mendes & M.R. Frizzas. 2014.** Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. Crop Prot. 56: 50-54.
- Oliveira, M.R.V, T.J. Henneberry & P. Anderson. 2001.** History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. Crop Prot. 20: 709-723.

- Prabhaker, N., S.J. Castle, S.E. Naranjo, N.C. Toscano & J.G. Morse. 2011.** Compatibility of two systemic neonicotinoids, imidacloprid and thiamethoxam, with various natural enemies of agricultural pests. *J. Econ. Entomol.* 104: 773–781.
- Ramalho, F.S. 1994.** Cotton pest management: Part 4. A Brazilian perspective. *Annu. Rev. Entomol.* 39: 563-578.
- Robertson, J.L., R.M. Russell, H.K. Preisler & N.E. Savin. 2007.** Pesticide bioassays with arthropodes. 2<sup>a</sup> ed. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 200p.
- Roubus, C.R., C. Rodriguez-Saona, R. Holdcraft, K.S. Mason & R. Isaacs. 2014.** Relative toxicity and residual activity of insecticides used in blueberry pest management: mortality of natural enemies. *J. Econ. Entomol.* 107: 277-285.
- Roush, R.T. 1993.** Occurrence, genetics, and management of insecticide resistance. *Parasitol. Today* 9: 174-179.
- Rudramuni, T., K.M.S. Reddy & C.T.A. Kumar. 2011.** Bio-efficacy of new insecticidal molecules against insect-pests of cotton. *J. Farm Sci.* 1: 49-58.
- SAS Institute. 2001.** SAS/STAT User's Guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Soderlund, D.M. & J.R. Blomquist. 2003.** Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides. *Annu. Rev. Entomol.* 34: 77-96.
- Spíndola, A.F., C.S.A. Silva-Torres, A.R.S. Rodrigues & J.B. Torres. 2013.** Survival and behavioural responses of the predatory ladybird beetle, *Eriopis connexa* populations susceptible and resistant to a pyrethroid insecticide. *Bull. Entomol. Res.* 103: 485-494.
- Sun, Y.P. & E.R. Johnson. 1960.** Analysis of joint action of insecticides against house flies. *J. Econ. Entomol.* 53: 887-892.
- Tayyib, M., A. Sohail, S.A. Murtaza & F.F. Jamil 2005.** Efficacy of some new-chemistry insecticides for controlling the sucking insect pests and mites on cotton. *Pakistan Entomol.* 27: 63-66.
- Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres & R. Barros. 2003.** Relative effects of the insecticide thiamethoxam on the predator *Podisus nigrispinus* and the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* in nectaried and nectariless cotton. *Pest Manag. Sci.* 59: 315-323.
- Ware, G.W. 2003.** The pesticide book. 5th ed. Fresno:, Thomson Publications, 418p.
- Whalon, M.E., D. Mota-Sanchez, R.M. Hollingworth & L. Duynslager. 2016.** Arthropod pesticide resistance database. Disponível em <<http://www.pesticideresistance.org/search/1>>, acessado em 28/06/2016.

**Wilson, L.J., L.R. Bauer & D.A. Lally. 1998.** Effect of early season insecticide use on predators and outbreaks of spider mites (Acari: Tetranychidae) in cotton. *Bull. Entomol. Res.* 88: 477-488.

**Zhu, K.Y. 2004.** Synergism, p. 2171-2173. In J.L. Capinera (ed.), *Encyclopedia of entomology*, vol. 3. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 4346p.

Tabela 1. Ingrediente ativo, produto comercial, grupo químico e dosagem recomendada na cultura do algodão.

Ingrediente ativo	Produto comercial	Grupo químico	Recomendação
Lambda-cialotrina	Karate Zeon 50 CS	Piretroide	300 mL/ha
Tiametoxam	Actara 250 WG	Neonicotinoide	100-200 g/ha <sup>1</sup>
Clorantraniliprole	Premio 200 SC	Antranilamida	150 mL/ha <sup>1</sup>
Fenitrotiona	Sumithion 500 EC	Organofosforado	1500 mL/ha
Esfenvalerato	Sumidan 25 EC	Piretroide	1000 mL/ha
Lambda-cialotrina + Tiametoxam	Engeo Pleno 247 (106 + 141) SC	Piretroide + neonicotinoide	200-250 mL/ha
Lambda-cialotrina + Clorataniliprole	Ampligo 150 (50 + 100) SC	Piretroide + antranilamida	300-400 mL/ha
Tiametoxam + Clorataniliprole	Voliam Flexi 300 (200 + 100) SC	Neonicotinoide + antranilamida	200-250 mL/ha
Fenitrotiona + Esfenvalerato	Pirephos 840 (800 + 40) EC	Organofosforado + piretroide	600 mL/ha

<sup>1</sup>Dosagem recomendada para o controle de *Heliothis virescens* na cultura do algodão.

Tabela 2. Toxicidade de diferentes inseticidas a *Anthonomus grandis*, após exposição via contato e ingestão.

Inseticida	Porcentagem da concentração (i.a.)	N	GL	Inclinação ( $\pm$ EP)	CL <sub>50</sub> (I.C. 95%) (g i.a./L)	Potência relativa (I.C.) <sup>1</sup>	$\chi^2$
Lambda-cialotrina	100	224	5	1,72 $\pm$ 0,19	0,004 (0,003 – 0,005)	-	0,19
Tiametoxam	100	224	5	2,02 $\pm$ 0,25	0,006 (0,004 – 0,008)	1,53 (0,85 – 2,75)	2,86
Clorantraniliprole	100	256	6	1,18 $\pm$ 0,14	0,082 (0,058 – 0,115)	21,3 (10,53 – 43,08)*	2,92
Fenitrotiona	100	320	7	2,72 $\pm$ 0,27	0,100 (0,083 – 0,118)	26,03 (16,40 – 41,3)*	11,81
Esfenvalerato	100	256	5	2,07 $\pm$ 0,56	0,052 (0,033 – 0,125)	13,64 (7,05 – 26,38)*	9,59
Lambda-cialotrina+Tiametoxam	42,9 + 57,1	224	5	1,68 $\pm$ 0,19	0,009 (0,008 – 0,013)	2,57 (1,41 – 4,67)*	2,02
Lambda-cialotrina + Clorantraniliprole	33,3 + 66,7	224	5	1,65 $\pm$ 0,19	0,005 (0,004 – 0,007)	1,37 (0,72 – 2,63)	1,09
Tiametoxam + Clorantraniliprole	66,7 + 33,3	224	5	1,58 $\pm$ 0,18	0,010 (0,007 – 0,014)	2,62 (1,31 – 5,25)*	1,55
Fenitrotiona + Esfenvalerato	96,2 + 4,8	320	7	2,92 $\pm$ 0,30	0,114 (0,098 – 0,131)	29,59 (18,76 – 46,69)*	10,59

<sup>1</sup>Potência relativa e respectivos intervalos de confiança (95%), calculados conforme metodologia de Robertson *et al.* (2007).

\*Estimativas significativas considerando que o intervalo de confiança não incluiu o valor 1,0 (Robertson *et al.* 2007).

Tabela 3. Índice de combinação (ICB) de misturas de inseticidas para *Anthonomus grandis*.

Mistura de inseticidas (A+B)	Proporção	CL <sub>50</sub>		IC <sup>2</sup>
		A <sup>1</sup>	B <sup>1</sup>	
Lambda-cialotrina + Tiametoxam	1 : 1,33	0,004253	0,005657	3,11
Lambda-cialotrina + Clorantraniliprole	1 : 2	0,001766	0,003534	0,52
Tiametoxam + Clorantraniliprole	2 : 1	0,006747	0,003373	1,23
Fenitrotiona + Esfenvalerato	20 : 1	0,109714	0,005426	1,31

<sup>1</sup>Calculado a partir das CL<sub>50</sub> estimadas para os inseticidas isolados A e B (g i.a./L).

<sup>2</sup>ICB calculado conforme proposto por Chou & Talalay (1984).



### CAPÍTULO 3

## SOBREVIVÊNCIA RELATIVA DE INIMIGOS NATURAIS CHAVE DO AGROECOSSISTEMA ALGODOEIRO A INSETICIDAS DE DIFERENTES CLASSES TOXICOLÓGICAS E MODO DE AÇÃO<sup>1</sup>

EDUARDO M. BARROS<sup>2</sup>, CHRISTIAN S. A. SILVA-TORRES<sup>2</sup>, JORGE B. TORRES<sup>2</sup> & GUILHERME G.  
ROLIM<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua  
Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos 52171-900 Recife, PE, Brasil.

---

<sup>1</sup> Barros, E.M.; C.S.A. Silva-Torres; J.B. Torres & G.G. Rolim. Short-term toxicity of insecticides residues to key predators and parasitoids for pest management in cotton. *Phytoparasitica* 46: 391-404.

RESUMO – Plantas de algodão hospeda simultaneamente uma ampla gama de artrópodes pragas e inimigos naturais. Desta forma, o uso de inseticidas de baixo impacto para os inimigos naturais seria ideal para o manejo integrado de pragas, pois reduziria a população da praga alvo e manteria os inimigos naturais no agroecossistema. Assim, este trabalho determinou a sobrevivência de seis espécies de predadores [*Chrysoperla externa* Hagen, *Eriopis connexa* (Germar), *Euborellia annulipes* (Lucas), *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, *Podisus nigrispinus* (Dallas), *Solenopsis invicta* Buren] e quatro espécies de parasitoides [*Aphelinus gossypii* Timberlake, *Bracon vulgaris* Ashmead, *Telenomus podisi* (Ashmead) e *Trichogramma pretiosum* Riley] à sete inseticidas de diferentes grupos químicos (clorantraniliprole, clofepir, espinosade, lambda-cialotrina, metidationa, pimetrozina e tiametoxam), a exposição foi via resíduo seco, empregando a maior e menor dosagens recomendadas. A metidationa ocasionou 100% de mortalidade de todos os indivíduos. Entre os inimigos naturais, *E. annulipes* apresentou alta sobrevivência a todos os demais inseticidas. A pimetrozina e o clorantraniliprole foram relativamente seletivos aos adultos dos predadores e parasitoides testados. A lambda-cialotrina e o tiametoxam, na maior e menor dasagens, e o clorantraniliprole, na maior dosagem recomendada, causaram alta mortalidade para os predadores *P. nigrispinus*, *S. invicta* e *H. convergens*. Baseado nos resultados, os inseticidas pimetrozina, clorantraniliprole e espinosade demonstram menor impacto geral aos inimigos naturais e devem ser priorizados para o manejo de pragas na cultura do algodoeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Inimigos naturais, controle químico, seletividade

RELATIVE SURVIVAL OF KEY NATURAL ENEMIES FROM COTTON ECOSYSTEM TO  
INSECTICIDES FROM DIFFERENT TOXICOLOGICAL GROUPS AND MODE OF  
ACTIONS

ABSTRACT - The cotton ecosystem harbors a complex of arthropod and natural enemies species. The use of insecticides with reduced impact on natural enemies would be an good strategy to reach integrated pest management by simultaneously reducing the pest population and conserving the natural enemies. Thus, this work determined the survival rate of six predators [*Chrysoperla externa* Hagen, *Eriopsis connexa* (Germar), *Euborellia annulipes* (Lucas), *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, *Podisus nigrispinus* (Dallas), and *Solenopsis invicta* Buren), and four parasitoids [*Aphelinus gossypii* Timberlake, *Bracon vulgaris* Ashmead, *Telenomus podisi* (Ashmead), and *Trichogramma pretiosum* Riley)], species key for cotton pest management, exposed to dried residue of the highest and lowest field rate of seven selected insecticide (chlorantraniliprole, chlofernapir, spinosad, lambda-cyhalotrin, metidathion, pymetrozin, and thiametoxam) belonging to different groups recommended to cotton pest control. Methidation caused 100% mortality of all natural enemies tested. Among the natural enemies, *E. annulipes* exhibited high survival rate across all remaining tested insecticides. Also, all predators and parasitoids exhibited high survival subjected to pymetrozin and chlorantraniliprole dried residue. Lambda-cyhalothrin and thiamethoxam at highest and lowest field rate and chlorantraniliprole at highest field rate caused high mortality to *P. nigrispinus*, *S. invicta* and *H. convergens* and to all parasitoids. Based on the results, pymetrozin, chlorantraniliprole and spinosad caused overall lower impact on natural enemies tested; hence, becoming options to cotton pest management.

KEY WORDS: Natural enemies, chemical control, selectivity

## Introdução

O agroecossistema algodoeiro é bastante complexo por hospedar grande diversidade de artrópodes que podem ocorrer simultaneamente, apesar de que a grande maioria desses artrópodes são benéficos como predadores e parasitoides (Whitcomb & Bell 1966, van den Bosch & Hagen 1966, Torres & Ruberson 2005). No Brasil, dentre as espécies de inimigos naturais chave com ocorrência em algodoeiro destacam-se as joaninhas *Eriopis connexa* (Germar) e *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae), o crisopídeo *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae), a formiga lava-pé *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae), e a tesourinha *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Anisolabididae), bem como os parasitoides *Aphelinus gossypii* Timberlake (Hymenoptera: Aphelinidae), *Bracon vulgaris* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae), *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Telenomus podisi* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae), entre outros (Ramalho 1994, Faria *et al.* 2006, Pallini *et al.* 2006, Torres & Silva-Torres 2011, Thomazoni *et al.* 2014).

Os inimigos naturais exercem papel fundamental nos agroecossistemas regulando populações de artrópodes que talvez jamais alcancem o status de praga (Symondson *et al.* 2002, Dwyer *et al.* 2004, Torres & Silva-Torres 2011). No agroecossistema algodoeiro no Brasil, ocorrem inúmeras espécies de artrópodes, mas apenas em torno de 30 espécies usualmente atingem níveis populacionais de praga requerendo outras ações de controle (Degrande 1998, Sujji *et al.* 2006). Tanto as espécies de pragas-chave quanto as demais pragas secundárias podem ser naturalmente parasitadas e predadas pelas espécies de inimigos naturais consideradas neste estudo.

Os inimigos naturais presentes no algodoeiro não são capazes de regular por completo as populações de insetos-praga a níveis populacionais abaixo de limiares de dano econômico, ou ainda, a regulação populacional ocorre acima dos níveis aceitáveis economicamente (Torres & Silva-Torres 2011). Assim, é comum que quando a densidade populacional da praga ultrapasse os limiares de controle, escapando do controle biológico natural, intervenções com inseticidas são necessárias (van Den Bosch & Stern 1962, Prabhaker *et al.* 2007). Apesar da existência de múltiplas táticas de controle para as diferentes pragas no algodoeiro, o controle químico com inseticidas sintéticos, ainda, é o método mais utilizado para manejo das pragas nesta cultura (Degrande *et al.* 2003, Torres *et al.* 2003a), podendo atingir de 12 a 14 pulverizações por safra (Richetti *et al.* 2004). No estado do Mato Grosso, o maior produtor de algodão no Brasil, estão sendo registradas em média 15 aplicações direcionadas exclusivamente ao controle do bicudo-do-algodoeiro como na safra 2014/2015 (E.M. Barros, dados não publicados).

Diante a diversidade de espécies-praga no algodoeiro se faz necessário o uso de inseticidas de diferentes grupos químicos e modos de ação. Apesar de novas moléculas sendo registradas para cultura do algodoeiro (e.g. espinosinas, piridinas e diamidas), apresentando mais especificidade e menor risco aos inimigos naturais e organismos não-alvo, o uso de moléculas mais antigas consideradas de largo espectro (e.g. piretroides, organofosforados e neonicotinoides) continua ocorrendo largamente na cultura do algodão.

A necessidade do uso de inseticidas sintéticos no manejo de pragas do algodoeiro tem servido como modelo ao longo do tempo para a explicação de uma série de problemas para o manejo integrado de pragas, tais como a ressurgência de pragas, surtos de pragas secundárias e seleção de espécies de pragas e de inimigos naturais resistente a inseticidas decorrente da comum incompatibilidade entre os inseticidas e agentes de controle biológico (van Den Bosch & Stern 1962, Eveleens *et al.* 1973, Wilson *et al.* 1998, Godfrey *et al.* 2000, Oliveira *et al.* 2001, Hagerty

*et al.* 2005, Pathan *et al.* 2008, Torres *et al.* 2010, Silva *et al.* 2011, Rodrigues *et al.* 2013). O uso de inseticidas seletivos se tornam importantes, e poderão desempenhar um importante papel na conservação da ampla gama de inimigos naturais presentes no algodoeiro, contribuindo para o manejo integrado de pragas (Tillman & Mulrooney 2000, Prabhaker *et al.* 2007). Além disso, a seletividade de inseticidas aos inimigos naturais pode aumentar o efeito imediato aparente do controle químico pelo controle biológico das pragas sobreviventes resultando em menor seleção de populações resistentes da praga (Hoy 1995, van Emden 2003); e pode a longo prazo evitar a ressurgência de pragas; e por fim prevenir de surtos de pragas secundárias. Dessa forma, a busca de produtos seletivos a inimigos naturais vem se tornando algo central para a entomologia aplicada.

De todas as formas de contato do inimigo natural com os inseticidas, a via de contaminação de maior probabilidade parece ser via resíduo seco sobre a superfície tratada. Assim, este trabalho avaliou o impacto de sete inseticidas representantes de diferentes grupos químicos e modos de ação, usados no agroecossistema algodoeiro, sobre importantes inimigos naturais para o manejo integrado de pragas desta cultura, via exposição ao resíduo seco.

### **Material e Métodos**

O presente estudo foi conduzido no Laboratório de Controle Biológico e Ecologia de Insetos do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

**Inseticidas.** Foram utilizados os produtos formulados Karate Zeon<sup>®</sup> 50 CS (lambda-cialotrina 5% m/v – 50g/L, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda), Actara<sup>®</sup> 250 WG (tiametoxam 25% m/m – 250 g/Kg, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda), Prêmio<sup>®</sup> 200 SC (clorrantraniliprole 20% m/v – 200 g/L, DuPont Brasil Ltda), Suprathion<sup>®</sup> 400 EC (metidationa 40% m/v – 500 g/L, Adama Brasil S/A), Tracer 480 SC – (espinosade 48% m/v – 480 g/L, Dow Industrial Ltda), Chess 500

WG (pimetrozina 50% m/m – 500 g/Kg, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda) e Pirate® (clorfenapir 24% m/v – 240 g/L, Basf S/A), que foram adquiridos em mercado especializado. As dosagens mínima e máxima utilizadas de cada inseticida estão listadas na Tabela 1, e foram baseadas em recomendações para o controle de pragas do agroecossistema do algodoeiro (AGROFIT 2015).

Os inseticidas foram utilizados via resíduo seco em superfície, com a pulverização da calda inseticida preparada no dia da utilização através da diluição dos respectivos inseticidas e suas dosagens recomendadas em água destilada mais 0,02% de Wil Fix (Ácido dodecilbenzeno sulfônico 30 g/L – 3% m/v, Charmon Destyl Indústria Química Ltda) como espalhante adesivo.

**Bioensaios.** Os inimigos naturais utilizados, sua origem, informações adicionais, e praga alvo constam na Tabela 2. Para as espécies de predadores *C. externa*, *E. conexa* (duas populações, uma suscetível e outra resistente ao inseticida lambda-cialotrina), *E. annulipes*, *H. convergens*, *P. nigrispinus* e *S. invicta*, a exposição ao resíduo seco dos inseticidas foi realizada com a aplicação da calda inseticida em placas de Petri de vidro (9 cm de diâmetro x 1,2 cm de altura), tanto na tampa quanto no fundo. A aplicação dos inseticidas foi realizada em torre de Potter (Burkard Scientific, Uxbridge, UK), utilizando 2 mL de calda para cada superfície sob pressão 10 psi/bar após teste preliminar para certificar de cobertura homogênea da superfície tratada. Após a aplicação do inseticida, a placa foi deixada aberta para evaporar o excesso de umidade da calda aplicada em condições de laboratório a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Por outro lado, a exposição dos parasitoides *A. gossypii*, *B. vulgaris*, *T. pretiosum* e *T. podisi* ao resíduo seco dos inseticidas foi realizada em tubos de vidro de fundo chato (8 cm × 2,5 cm). Em cada tubo foi aplicado 0,5 mL da calda empregando-se uma micropipeta automática (HTL Labmate, LM 1000, Varsóvia, Polônia), de forma que a calda fosse depositada uniformemente nas paredes e no fundo do tubo. Após a aplicação do produto, os tubos foram deixados em temperatura ambiente para evaporação do

excesso de umidade. Esses tubos foram mantidos na posição horizontal sobre superfície plana e rolados a cada 10-15 minutos para a obtenção de uma uniforme distribuição do resíduo na superfície interna do tubo. Em ambos os testes, com predadores e parasitoides, água destilada mais espalhante adesivo (0,02% de Wil Fix) foram utilizados como testemunha.

Durante todo o período de exposição dos predadores aos inseticidas, alimento em abundância foi fornecido aos mesmos, sendo que ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) serviu de alimento para os predadores *C. externa*, *E. connexa*, *H. convergens*, e *S. invicta*; pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) para o percevejo *P. nigripinus*, e uma porção da dieta para *E. annulipes* (farinha de trigo integral, levedura de cerveja, leite em pó, nipagim e ácido ascórbico). Para evitar a contaminação do alimento, os ovos de *A. kuehniella* e a dieta foram ofertados em tampas plásticas de 1cm de diâmetro e 3 mm de altura dispostos no interior da placa de Petri, enquanto as pupas de *T. molitor* foram ofertadas diretamente no fundo da placa. Mel de abelha puro foi ofertado como alimento para os parasitoides, através de um filete feito com a ponta do estilete na parte interna do tubo de vidro.

As placas de Petri contendo os predadores foi fechada com as respectivas tampas também tratadas. Por outro lado, após acondicionar os adultos dos parasitoides nos tubos tratados, estes foram vedados com filme plástico de PVC e feitos pequenos furos com alfinete entomológico nº 0. Todo esse material foi mantido em câmara climatizada a 25 °C de temperatura e 12h de fotofase durante dois dias (48h) de observações.

O número de repetições e de indivíduos por repetição foi variável para cada espécie testada, dependendo da quantidade de indivíduos disponíveis (Tabela 3). Porém, adotou-se um mínimo de quatro repetições por tratamento ou 24 indivíduos adultos (nos casos de *P. nigripinus* e *E. connexa* suscetível). Para os demais tratamentos o número de repetições variou acima de



cinco, bem como o número de indivíduos chegando a 40-50 indivíduos por repetição (parasitoides).

As avaliações foram realizadas contabilizando o número de indivíduos mortos com 24, 48 e 72h após confinamento dos insetos. Contudo, apenas a mortalidade obtida após 48h foi empregada nas análises considerando que algumas espécies de populações resistentes se recuperaram do *knockdown* observado na avaliação de 24h; portanto, esta não sendo a mortalidade real. Além disso, observou-se em testes preliminares uma elevada mortalidade entre 48 e 72h incluindo o tratamento testemunha para algumas espécies, como para os parasitoides *T. pretiosum* e *A. gossypii* e a formiga *S. invicta* que apresentaram alta mortalidade, provavelmente devido a características biológicas e comportamentais das espécies, como observado para a *S. invicta* que é um inseto social e é observado alta mortalidade quando manipuladas.

Todos os inimigos naturais foram estudados na fase adulta entre dois a cinco dias de idade, fase em que atuam parasitando ou predando pragas do algodoeiro, exceto *C. externa* que foi submetida ao teste durante a fase larval (primeiro dia do terceiro instar). Para esta espécie, as larvas sobreviventes foram criadas para a obtenção da taxa real de sobrevivência cumulativa até a emergência de adultos (pupação e emergência de adultos), para os tratamentos que resultaram em mais de 20% de sobrevivência larval de *C. externa* na avaliação após 48h de exposição aos inseticidas.

**Análises Estatística.** A partir dos dados coletados foram calculadas as porcentagens de sobrevivência, visto que apenas os indivíduos remanescentes que sobreviveram a exposição poderiam promover de fato o controle biológico e, portanto, de interesse. Devido a grande quantidade de espécies estudadas, e por muitas delas terem sido estudadas separadamente, as espécies não foram consideradas diretamente por interações de fatores principais para comparações. Também, o organofosforado metidationa ocasionou 100% de mortalidade para

todos os inimigos naturais testados e dosagens; portanto, não sendo considerado nas análises. Assim, o desenho experimental constou de um fatorial 7 x 2 de tratamento e dosagem (seis inseticidas e uma testemunha como tratamentos e duas dosagens - mínima e máxima recomendada). Especificamente para *C. externa*, a porcentagem de pupação e de emergência de adultos em função do número de larvas tratadas nos tratamentos testemunha, pimetrozina, espinosade, clorantraniliprole e lambda-cialotrina foram determinadas. No geral, os dados de porcentagens de sobrevivência foram transformados em arcoseno raiz ( $\sqrt{x/100}$ ) para atender os pré-requisitos de normalidade e homogeneidade de variância, embora os resultados são apresentados em médias originais nas figuras. Em seguida, esses dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em esquema fatorial tratamento e dosagens (SAS Institute 2001). Comparações entre médias de tratamentos e entre dosagens para cada tratamento foram realizadas empregando o teste de Tukey HSD ( $\alpha= 0,05$ ).

A partir da sobrevivência média obtida para as 11 espécies ou populações de inimigos naturais testados, foi conduzida uma análise de agrupamento em função dos resultados para inimigos naturais e inseticidas. Para tal, os resultados foram submetidos a análise multivariada exploratória, empregando-se o método de agrupamento de ligação média não ponderada entre grupos (UPGMA "Unweighted Pair-Group Method Average") e utilizando-se a distância de ligação Euclidiana para a construção dos dendogramas de similaridade entre inimigos naturais e entre inseticidas testados, quanto a sobrevivência média, através do programa STATISTICA 7.1 (StatSoft 2006). Os gráficos das distâncias de ligação nos sucessivos passos da análise de agrupamento foram adotados como critério para a definição dos grupos.

## Resultados

O inseticida organofosforado metidationa ocasionou 100% de mortalidade para todos os inimigos naturais e dosagens empregadas, demonstrando ser um inseticida altamente tóxico para as espécies estudadas.

Inseticidas e suas respectivas dosagens mínima e máxima considerados como fatores principais da ANOVA resultaram em efeito significativo para a sobrevivência de todos os inimigos naturais estudados (Tabela 3). No caso da sobrevivência dos parasitoides em especial, houve efeito significativo dos diferentes inseticidas testados bem como das dosagens, e da interação destes fatores, exceto para *T. podisi* que não sofreu efeito significativo das dosagens e da interação entre inseticidas e dosagens (Tabela 3). Similarmente, para a sobrevivência dos predadores testados houve efeito significativo dos inseticidas e das dosagens testadas, e da interação entre esses fatores, com exceção de *P. nigrispinus* e *C. externa*, onde não houve efeito significativo das dosagens e da interação entre inseticidas e dosagens, respectivamente (Tabela 3).

O inseticida espinosade na dosagem máxima e o clorfenapir, lambda-cialotrina e tiametoxam, nas dosagens máxima e mínima, ocasionaram 100% de mortalidade para todas as espécies de parasitoides testados (Fig. 1). Além disso, a pimetozina na dosagem máxima ocasionou 100% de mortalidade do parasitoide de ovos *T. pretiosum*. Para *A. gossypii*, este inseticida resultou em sobrevivência intermediária (66%) e reduzida (13,5%), na dosagem máxima e mínima, respectivamente. O clorantraniliprole na dosagem máxima e mínima proporcionou sobrevivência intermediária ( $\cong 60\%$ ) e alta ( $> 80\%$ ), respectivamente, para os parasitoides *A. gossypii*, *T. podisi* e *B.vulgaris*. Entretanto, este produto proporcionou 67% e 0% de sobrevivência para o parasitoide *T. pretiosum*, nas dosagens mínima e máxima, respectivamente (Fig. 1). Dentre os predadores, a tesourinha *E. annulipes* foi a espécie que teve maior taxa de sobrevivência entre os inseticidas testados, sendo que apenas a dosagem máxima

testada de clorfenapir e lambda-cialotrina resultaram na menor sobrevivência, com valores médios de 55 e 43%, respectivamente (Fig. 2).

Os inseticidas clorraniliprole e pimetozina apresentaram baixa toxicidade para os predadores *E. connexa* – R (população resistente), *E. annulipes*, *H. convergens* e *C. externa*, com destaque para *P. nigrispinus*, o qual apresentou uma sobrevivência média de 100 e 95,8%, respectivamente (Fig. 2). O inseticida clorraniliprole também proporcionou 100% de sobrevivência de *S. invicta* e acima de 80% para as demais espécies de predadores, exceto *E. connexa* – S (população susceptível) em que a sobrevivência foi de 48,2% e 72% nas dosagens máxima e mínima, respectivamente. A pimetozina diferiu entre a dosagem máxima e mínima testadas quanto a sobrevivência de *S. invicta* sendo de 31,5 e 70,6%, respectivamente (Fig. 2).

No geral, o inseticida tiametoxam foi tóxico para a maioria dos predadores testados, exceto para *E. annulipes* que apresentou sobrevivência de 90 e 100% nas dosagens mínima e máxima aplicadas, respectivamente (Fig. 2).

Para as joaninhas, as populações resistente e susceptível de *E. connexa* apresentou elevada (>80%) e reduzida (<20%) sobrevivência ao inseticida lambda-cialotrina, respectivamente. Os inseticidas clorfenapir, lambda-cialotrina e tiametoxam resultaram em reduzida sobrevivência das joaninhas *E. connexa* – S e *H. convergens*, e para esta última espécie o clorfenapir proporcionou sobrevivência intermediária (Fig. 2).

Para *C. externa*, os inseticidas que resultaram em menor sobrevivência (< 20%) nas dosagens mínimas e máximas testadas foram clorfenapir e tiametoxam, 89,2% e 70,1% nas dosagens mínima e máxima de lambda-cialotrina, enquanto que nos demais inseticidas, pimetozina, espinosade e clorraniliprole, a sobrevivência foi superior a 90%.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos, dosagem e interação tratamento e dosagem quanto à porcentagem de pupas formadas e de adultos emergidos de *C. externa* ( $P >$

0,05) oriundos de larvas expostas ao resíduo seco dos inseticidas com sobrevivência larval acima de 25%. Cerca de 74,4 a 95,6% das larvas de *C. externa* sobreviventes ao tratamento na dosagem máxima originaram pupas, das quais 55,0 a 84,4% emergiram adultos, não diferindo da testemunha. De forma similar, 77,5 a 89,7% das larvas de *C. externa* tratadas na dosagem mínima resultaram em pupas, com emergência média variando de 56,8 a 79,6%.

A dissimilaridade entre os inimigos naturais e inseticidas testados (mais a testemunha) pelo método UPGMA separou os inimigos naturais e os inseticidas em quatro grupos distintos quanto a sobrevivência (Fig. 3). Estes grupos foram determinados tendo como ponto ótimo para o corte as distâncias Euclidianas de 70 e 78 para os inimigos naturais e inseticidas, respectivamente (Fig. 3 - linha pontilhada). Estes resultados evidenciam a variabilidade de resposta entre as diferentes espécies de inimigos naturais, bem como dos inseticidas testados representando os diferentes grupos químicos.

Entre os inimigos naturais observa-se que *E. annulipes* forma um grupo único (Fig. 3 – superior). As joaninhas *H. convergens* e *E. connexa*, população suscetível também formam um grupo, bem como *C. externa* e *E. connexa* – R formam um outro grupo e corrobora com os resultados de sobrevivência observada para cada espécie de predador. Por fim, as seis demais espécies de inimigos naturais formam apenas um grupo demonstrando alta suscetibilidade desses a maioria dos inseticidas testados (Fig. 3 – superior).

Para os inseticidas observa-se formação de quatro grupos com base na resposta de sobrevivência média dos inimigos naturais sendo um grupo formado pelos inseticidas clorfenapir e tiametoxam, outro grupo formado pela testemunha e os inseticidas pimetrozina e clorantraniliprole, e dois grupos isolados formado unicamente por lambda-cialotrina ou espinosade (Fig, 3 – inferior).

## Discussão

Diversas características podem influenciar a resposta de inimigos naturais a inseticidas, dentre elas a classificação taxonômica, estágio do ciclo de vida, estratégia de alimentação (predador ou parasitoide) e características dos produtos em si (tipo, dose e formulação) (Croft 1990). Além dessas, evidenciamos neste estudo a importância de se considerar a população/origem da espécie de inimigo natural, pois caso a população apresente um elevado grau de tolerância, ou mesmo resistência, estes indivíduos poderiam sobreviver após a exposição a inseticidas poucos seletivos.

Uma menor seletividade dos produtos testados via exposição ao resíduo seco foi observada para o percevejo predador e as quatro espécies de parasitoides estudadas (Figs. 1 e 2). Em ordem decrescente, adultos de inimigos naturais pertencentes aos grupos das joaninhas, crisopídeos, sirfídeos, hemípteros e parasitoides apresentam maior tolerância a inseticidas (Hodek 1973). De fato, a exposição de adultos dos parasitoides aos inseticidas promoveu menor seletividade dentre os inimigos naturais avaliados. Isto porque os adultos de endoparasitoides não estão protegidos no interior de um estágio do hospedeiro, resultando em maior tolerância a inseticidas (Dumbre & Hower 1976, Torres *et al.* 2003a) e/ou que apresente redução na penetração cuticular do inseticida em razão do estágio de desenvolvimento do parasitoide (Bartell *et al.* 1976).

Conforme esperado, o inseticida organofosforado metidationa não apresentou seletividade aos inimigos naturais avaliados, visto que causou mortalidade de todos os indivíduos expostos ao resíduo seco e dessa forma deve ser evitado em programas de manejo que visam a ação conjunta do controle biológico e químico. Os organofosforados são moléculas com amplo espectro de ação e reconhecidos por sua reduzida seletividade a inimigos naturais (Casida & Quistad 1998). Entretanto, organofosforados têm sido utilizados na cultura do algodão visando o controle do bicudo-do-algodeiro, mosca branca, lagartas (E.M. Barros, observações pessoais) e,

posteriormente, de percevejos migrantes da cultura da soja, tais como *N. viridula* e *E. heros* (Bundy & McPherson 2000, Reay-Jones *et al.* 2010).

As aplicações de inseticidas com amplo espectro de ação em algodoeiro, especialmente organofosforados e piretroides, que são conhecidamente pouco seletivos aos inimigos naturais (Tillman & Mulrooney 2000, Soria *et al.* 2013) devem ser evitadas na fase inicial de desenvolvimento da cultura, e priorizados no final do ciclo a fim de conservar a comunidade dos agentes de controle biológico, reduzir o risco de ressurgência e surto de pragas secundárias (especialmente de ácaros, pulgões e mosca-branca) (Wilson *et al.* 1998, Godfrey *et al.* 2000, Oliveira *et al.* 2001), e impacto em organismos benéficos (Torres *et al.* 2015). Mesmo quando há a ocorrência de pragas chave na fase inicial da cultura e a disponibilidade de produtos de largo espectro para controle dessas, nossos resultados demonstram que inseticidas, tais como a pimetrozina (recomendada para as pragas iniciais sugadoras como pulgões e moscas brancas) e clorantraniliprole e espinosade (recomendados para lagartas desfolhadoras e das maçãs), os quais apresentam menor impacto para os inimigos naturais devem ser priorizados na escolha. Além desses, outros inseticidas de baixo impacto como os inseticidas biológicos (à base de *Bacillus thuringiensis* e vírus), bem como os inseticidas reguladores de crescimento podem somar benefícios quanto a seletividade nesta fase inicial da cultura.

A pimetrozina e o clorantraniliprole foram relativamente seguros aos adultos dos predadores e parasitoides testados, com exceção de *T. pretiosum* que apresentou maior mortalidade dentre as espécies estudadas, com alta sobrevivência somente quando foram expostos à dosagem mínima recomendada desses inseticidas. A seletividade da pimetrozina e clorantraniliprole aos inimigos naturais pode estar relacionada aos seus modos de ação. Isto porque a pimetrozina bloqueia seletivamente a alimentação do inseto, atua por ingestão e cessa a alimentação imediata de forma irreversível, matando o inseto alvo por inanição (Kristinsson

1994), enquanto que o clorantraniliprole, age nos receptores de rianodina do inseto, atuando por contato e ingestão (Bassi *et al.* 2007), provocando cessamento da alimentação, letargia, paralisia muscular e por fim a morte (Lahm *et al.* 2007). Notadamente, a pimetozina e o clorantraniliprole têm sido relatados como produtos de reduzido impacto a inimigos naturais (Torres *et al.* 2002, 2003a, Bozsik 2006, Brugger *et al.* 2010, Roubos *et al.* 2014).

Os inseticidas clorfenapir e lambda-cialotrina aplicados na dosagem máxima reduziram significativamente a sobrevivência de *E. annulipes* em relação a testemunha e a dosagem mínima. Entretanto, esta redução ficou em torno de 70% para o clorfenapir e apenas 20% para o lambda-cialotrina, o que significa que boa parte dos indivíduos sobrevivem ao entrar em contato com piretroide lambda-cialotrina, desta forma, podemos considerar que este produto não apresentou total ausência de seletividade a espécie. A lambda-cialotrina, o clorantraniliprole e o tiametoxam não foram seletivos aos predadores *P. nigrispinus*, *S. invicta* e *H. convergens*. De fato, o tiametoxam demonstrou seletividade somente para *E. annulipes*, espécie com alta sobrevivência a todos os inseticidas avaliados, possivelmente por que esta população já apresentava tolerância natural. O único caso de resistência com tesourinhas registrado foi para *Labidura riparia* (Pallas) (Dermaptera: Labiduridae) aos inseticidas organoclorados heptacloro e mirex na Louisiana-EUA (Gross & Spink 1969). Vale destacar que tesourinhas pertencentes ao gênero *Euborellia* têm sido reconhecidas como promissoras predadoras das pragas do algodoeiro (Ramalho & Wanderley 1996, Bastos & Torres 2003). Esta espécie possui o comportamento de tigmotropismo positivo, vive em locais escuros e protegidos, sob a serrapilheira, em cavidades no solo, e bainhas foliares, naturalmente se protegendo da exposição direta ao produto aplicado via pulverização. Entretanto, estes insetos saem para forragear na folhagem e assim podem ser expostos ao resíduo seco de inseticidas ou se alimentarem de presas contaminadas com inseticidas, sendo uma espécie em potencial para futuros estudos. Adicionalmente, o tiametoxam não foi seletivo para adultos de



ambas as populações de *E. connexa* (suscetível e resistente) à lambda-cialotrina. Este resultado permite inferir que o mecanismo de resistência via destoxificação metabólica presente em *E. connexa* – R à lambda-cialotrina (Rodrigues *et al.* 2014) não influenciou a resposta desta espécie ao tiametoxam, bem com aos demais inseticidas.

O espinosade foi seletivo para a maioria dos predadores estudados, com exceção para *P. nigrispinus*, e também reduziu significativamente a sobrevivência de parasitoides tanto na dosagem mínima quanto na máxima recomendada. Em contrapartida, estudos prévios empregando outra população do percevejo predador *P. nigrispinus* demonstraram a seletividade do espinosade, quando confinados em campo sobre plantas de algodão tratadas com concentrações de 12, 30 e 60 g de i.a./ha (Torres *et al.* 2002). Apesar da metodologia experimental diferente, vale ressaltar que as concentrações de 12 e 60 g de i.a./ha correspondem às dosagens mínima e máxima utilizadas neste estudo (25 e 125 mL de p.c./ha, respectivamente). Já a sobrevivência de inimigos naturais à lambda-cialotrina indicou seletividade somente para os predadores *E. annulipes*, *C. externa* e adultos da população resistente de *E. connexa*. Fato que contribuiu para a diferença obtida entre estes inseticidas na análise de agrupamento formando um grupo isolado. Estudos recentes indicam que a lambda-cialotrina tem produzido de moderada a alta toxicidade a parasitoides (Torres *et al.* 2003a, Williams & Price 2004) e predadores (Torres *et al.* 2002, 2003b, Kilpatrick *et al.* 2005).

De acordo com a análise de agrupamento as populações suscetível e resistente de *E. connexa* foram posicionadas em grupos diferentes. A população suscetível de *E. connexa* formou um grupo com a espécie *H. convergens*, enquanto que a população resistente à lambda-cialotrina, formou um grupo à parte com *C. externa*. As sobrevivências de *E. connexa*, independente da população, *C. externa* e *H. convergens* foram relativamente altas frente aos inseticidas pimetrozina, clorantraniliprole e espinosade (Fig. 2). Ferreira *et al.* (2005), também, encontraram baixa suscetibilidade de *C. externa* ao inseticida espinosade, após contaminação de ovos com este

inseticida. Por outro lado, apenas a população de *E. connexa* – R e *C. externa* exibiram alta sobrevivência em ambas as dosagens usadas da lambda-cialotrina. A diferença na sobrevivência verificada entre a população de *E. connexa* – R e *C. externa* está relacionada a ação do clorfenapir, visto que este inseticida não foi seletivo à *C. externa*, mesmo na dosagem mínima recomendada. Este resultado sugere que foi a alta sobrevivência à lambda-cialotrina que as agruparam, fato que nos permite considerar a hipótese de que a população de *C. externa* usada neste estudo pode estar sendo selecionada para resistência à lambda-cialotrina e merece estudos futuros de caracterização desta resposta. Isto porque resultados prévios demonstraram alta toxicidade de piretroides como a lambda-cialotrina para outras populações de *C. externa* (Bortoli *et al.* 2002, Ulhôa *et al.* 2002, Godoy *et al.* 2004a, 2004b, Cordeiro *et al.* 2010).

Neste estudo, a suscetibilidade à lambda-cialotrina para as populações de *E. connexa* foram comparadas àquelas obtidas por Torres *et al.* (2015). Além disso, a dosagem máxima recomendada de clorfenapir reduziu significativamente a sobrevivência de adultos de *E. connexa*, independente se a população era resistente ou suscetível à lambda-cialotrina. O clorfenapir é um pró-inseticida que é ativado por monooxigenases de função mista (MFOs) (Lovell *et al.* 1990) e certamente o mecanismo de resistência presente em populações de *E. connexa* – R à lambda-cialotrina, os quais não estão relacionados a atividade de MFOs (Rodrigues *et al.* 2014), não influenciaram o padrão de resposta de *E. connexa* ao clorfenapir no presente estudo.

Entre os inseticidas e inimigos naturais fica claro a similaridade de impacto ocasionado pelo clorfenapir e tiametoxam formando um grupo; a lambda-cialotrina forma um grupo a parte, bem como o espinosade. A lambda-cialotrina é considerado um inseticida não seletivo (Tillman & Mulrooney 2000), o que juntaria ao grupo do clorfenapir e tiametoxam como resultado esperado neste estudo. Porém, devido à resposta da população resistente de *E. connexa* à lambda-cialotrina e à baixa mortalidade da população estudada de *C. externa* e de *E. annulipes* (Fig. 2), este produto

foi situado próximo ao espinosade. Por fim, o quarto grupo formado pelo clorantraniliprole, pimezina e testemunha demonstra o baixo impacto geral desses dois inseticidas para os inimigos naturais estudados corroborando resultados prévios testando apenas uma dosagem ou outra forma de exposição (Torres *et al.* 2002, 2003a, Bozsik 2006, Brugger *et al.* 2010, Roubos *et al.* 2014).

### Agradecimentos

A Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão de bolsa a E.M.B. e projeto APQ- APQ-0168-5.01/15 a J.B.T e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro para a execução da pesquisa e a Dra. Agna Rita dos Santos Rodrigues pela revisão e sugestão do trabalho.

### Literatura Citada

- AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários). 2015.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: [http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em 01/05/2015.
- Bartell, D.P., J.R. Sanborn & K.A. Wood. 1976.** Insecticide penetration of cocoons containing diapausing and nondiapausing *Bathyplectes curculionis*, an endoparasite of the alfalfa weevil. Environ. Entomol. 5: 659-661.
- Bassi, A., R. Alber, J.A. Wiles, J.L. Rison, N.M. Frost, F.W. Marmor & P.C. Marcon. 2007.** Chlorantraniliprole: a novel anthranilic diamide insecticide. Proc. XVI Int. Pl. Prot. Congress 1: 52-59.
- Bastos, C.S. & J.B. Torres. 2003.** Controle biológico como opção no manejo de pragas do algodoeiro. Campina Grande: Embrapa Algodão, 28p. (Circular Técnica 72).
- Bortoli, S.A., R.J. Ferreira, J.E. Miranda & J.E.M. Oliveira. 2002.** suscetibilidade de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) a Karate (Lambda-cialotrina) em Condições de Laboratório. Bol. San. Veg. Plagas 28: 577-584.

- Bozsik, A. 2006.** Susceptibility of adult *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) to insecticides with different modes of action. *Pest Manage. Sci.* 62: 651-654.
- Brugger, K.E., P.G. Cole, I.C. Newman, N. Parker, B. Scholz, P. Suvagia, G. Walker, & T.G. Hammond. 2010.** Selectivity of chlorantraniliprole to parasitoid wasps. *Pest Manage. Sci.* 66: 1075-1081.
- Bundy, C.S. & R.M. McPherson. 2000.** Dynamics and seasonal abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in a cotton-soybean ecosystem. *J. Econ. Entomol.* 93: 697-706.
- Casida, J.E. & G.B. Quistad. 1998.** Golden age of insecticide research: past, present, or future? *Annu. Rev. Entomol.* 43: 1-16.
- Cordeiro, E.M.G., A.S. Corrêa, M. Venzon & R.N.C. Guedes. 2010.** Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphere* 81: 1352-1357.
- Croft, B.A. 1990.** Arthropod biological control agents and pesticides. New York: John Wiley & Sons, 723p.
- Degrande, P.E. 1998.** Guia prático de controle das pragas do algodoeiro. Dourados, UFMS, 60p.
- Degrande, P.E., M.A. Oliveira, J.F. Ribeiro, R. Barros, R.F. Nogueira, A.L.L. Rodrigues & M.G. Fernandes. 2003.** Avaliação de métodos para quantificar predadores de pragas do algodoeiro. *Arq. Inst. Biol.* 70: 291-294.
- Dumbre, R.B. & A.A. Hower. 1976.** Sublethal effects of insecticides on the alfalfa weevil parasites *Microctonus aethiopoulos*. *Environ. Entomol.* 5: 683-687.
- Dwyer, G., J. Dushoff & S.H. Yee. 2004.** The combined effects of pathogens and predators on insect outbreaks. *Nature* 430: 341-345.
- Eveleens, K.G., R. Van den Bosch & L.E. Ehler. 1973.** Secondary outbreak induction of beet armyworm by experimental insecticide applications in cotton in California. *Environ. Entomol.* 2: 497-503.
- Faria, M.R., J.G. Lundgren, F.M.G. Fontes, O.A. Fernandes, F. Schmidt, N. van Tuat & D.A. Andow. 2006.** Assessing the effects of Bt cotton on generalist arthropod predators. pp. 175-199. In A. Hilbeck, D.A. Andow & E.M.G. Fontes, (eds.), *Environmental risk assessment of genetically modified organisms volume 2: methodologies for assessing Bt cotton in Brazil*. Wallingford: CABI Publishing, 400p.
- Ferreira, A.J., G.A., Carvalho, M. Botton, L.A. Mendonça & A.R.B. Corrêa. 2005.** Seletividade de inseticidas usados na cultura da macieira a ovos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Cienc. Rural* 35:756-762.
- Godfrey, L., J.A. Rosenheim & P.B. Goodell. 2000.** Cotton aphid emerges as major pest in SJV cotton. *Calif. Agric.* 54: 26-29.

- Godoy, M.S., G.A. Carvalho, J.C. Moraes, A.A. Moraes & L.V. Cosme. 2004a.** Seletividade de seis inseticidas utilizados em citros a pupas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Neotrop. Entomol. 33: 359-364.
- Godoy, M.S., G.A. Carvalho, J.C. Moraes, A.A. Moraes & L.V. Cosme. 2004b.** Seletividade de inseticidas utilizados na cultura dos citros para ovos e larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Neotrop. Entomol. 33: 639-646.
- Gross, H.R. & W.T. Spink. 1969.** Response of striped earwigs following application of heptachlor and mirex, and predation-prey relationship between imported fire ants and striped earwigs. J. Econ. Entomol. 62: 686-689.
- Hagerty, A.M., A.L. Kilpatrick, S.G. Turnipseed, M.J. Sullivan & W.C. Bridges. 2005.** Predaceous arthropods and lepidopteran pests on conventional, Bollgard, and Bollgard II cotton under untreated and disrupted conditions. Environ. Entomol. 34: 105-114.
- Hodek, I. 1973.** Biology of Coccinellidae. Prague: Academy of Sciences, 260p.
- Hoy, M.A. 1995.** Multitactic resistance management: an approach that is long overdue? Fla. Entomol. 78:443-451.
- Kilpatrick, A.L., A.M. Hagerty, S.G. Turnipseed, M.J. Sullivan & W.C. Bridges Jr. 2005.** Activity of selected neonicotinoids and dicrotophos on nontarget arthropods in cotton: implications in insect management J. Econ. Entomol. 98: 814-820.
- Kristinsson, H. 1994.** Pymetrozine: a new insecticide, p. 85-102. In G.G. Briggs (ed.), Advances in the chemistry of insect control III. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 256p.
- Lahm, G.P., T.M. Stevenson, T.P. Selby, J.H. Freudenberger, D. Cordova, L. Flexner, C.A. Bellin, C.M. Dubas, B.K. Smith, K.A. Hughes, J.G. Hollingshaus, C.E. Clark & E.A. Benner. 2007.** Rynaxypyr: a new insecticidal anthranilic diamide that acts as a potent and selective ryanodine receptor activator. Bioorg. Med. Chem. Lett. 17: 6274-6279.
- Lovell, J.B., D.P. Wright, I.E. Gard, T.P. Miller, M. F. Treacy, R.W. Addor, V.M. Kamhi. 1990.** An insecticide/acaracide from a novel class of chemistry. Brighton Crop Prot. Conf. 3: 37-42.
- Oliveira, M.R.V, T.J. Henneberry & P. Anderson. 2001.** History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. Crop Prot. 20: 709-723.
- Pallini, A., P., Silvie, R.G. Monnerat, F.S. Ramalho, J.M. Songa & A.N.E. Birch. 2006.** Non-target and biodiversity impacts on parasitoids. p. 200-224. In A. Hilbeck, D.A. Andow & E.M.G. Fontes, (eds.), Environmental risk assessment of genetically modified organisms volume 2: methodologies for assessing Bt cotton in Brazil. Wallingford: CABI Publishing, 400p.

- Pathan, A.K., A.H. Sayyed, M. Aslam, M. Razaq, G. Jilani & M.A. Saleem. 2008.** Evidence of field-evolved resistance to organophosphates and pyrethroids in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Econ. Entomol.* 101: 1676-1684.
- Prabhaker, N., J.G. Morse, S.J. Castle, S.E. Naranjo, T.J. Henneberry & N.C. Toscano. 2007.** Toxicity of seven foliar insecticides to four insect parasitoids attacking citrus and cotton pests. *J. Econ. Entomol.* 100: 1053-1061.
- Ramalho, F.S. 1994.** Cotton pest management: Part 4. A Brazilian perspective. *Annu. Rev. Entomol.* 39: 563-578.
- Ramalho, F.S. & P.A. Wanderley. 1996.** Ecology and management of the boll weevil in South American cotton. *Am. Entomol.* 42: 41-47.
- Reay-Jones, F.P.F., M.D. Toews, J.K. Greene & R.B. Reeves. 2010.** Spatial dynamics of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) and associated boll injury in southeastern cotton fields. *Environ. Entomol.* 39: 956-969.
- Richetti, A., G.A. Melo Filho, F.M. Lamas, L.A. Staut & A.C. Fabrício. 2004.** Estimativa do custo de produção de algodão, safra 2004/05, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados: Embrapa Pecuária Oeste, 16p. (Comunicado Técnico 91).
- Rodrigues, A.R.S., A.F. Spíndola, J.B. Torres, H.A.A. Siqueira & F. Colares. 2013.** Response of different populations of seven lady beetle species to lambda-cyhalothrin with record of resistance. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 96: 53-60.
- Rodrigues, A.R.S., H.A.A. Siqueira & J.B. Torres. 2014.** Enzymes mediating resistance to lambda-cyhalothrin in *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). *Pest. Biochem. Physiol.* 110: 36-43.
- Roubos, C.R., C. Rodriguez-Saona, R. Holdcraft, K.S. Mason & R. Isaacs. 2014.** Relative toxicity and residual activity of insecticides used in blueberry pest management: mortality of natural enemies. *J. Econ. Entomol.* 107: 277-285.
- SAS Institute. 2001.** SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Silva, T.B.M., H.A.A. Siqueira, A.C. Oliveira, J.B. Torres, J.V. Oliveira, P. A.V. Montarroyos, M.J.D.C. Farias. 2011.** Insecticide resistance in Brazilian populations of the cotton leaf worm, *Alabama argillacea*. *Crop Prot.* 30: 1156-1161.
- Soria, M.F., D. Thomazoni, R. Tachinardi & P.E. Degrande. 2013.** Alerta para o bicudo-do-algodoeiro: breve panorama pré-safra 2012/13 e ações para o combate da praga. Cuiabá: Instituto Mato-grossense do Algodão – IMAmt, 4p. (Circular Técnica IMAmt 003).
- StatSoft (2006).** Statistica (Data Analysis Software System), version 7.1, StatSoft. Inc. www.statsoft.com.

- Sujii, E.R., G.L. Lövei, M. Sétamou, P. Silvie, M.G. Fernandes, G.S.J. Dubois & R.P. Almeida. 2006.** Non-target and biodiversity impacts on non-target herbivorous pests, p. 133-154. In A. Hilbeck, D.A. Andow & E.M.G. Fontes, (eds.), Environmental risk assessment of genetically modified organisms volume 2: methodologies for assessing Bt cotton in Brazil. Wallingford: CABI Publishing, 400p.
- Symondson, W.O.C., K.D. Sunderland & M.H. Greenstone. 2002.** Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annu. Rev. Entomol.* 47: 561-594.
- Thomazoni, D., P.J. Silvie & M.F. Soria. 2014.** Inimigos naturais em algodoeiro. Primavera do Leste: Instituto Mato-grossense do Algodão – IMAmt, 108p. (Boletim de Identificação nº 2).
- Tillman, P.G. & J. E. Mulrooney. 2000.** Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. *J. Econ. Entomol.* 93: 1638-1643.
- Torres, J.B. & J.R. Ruberson. 2005.** Canopy- and ground-dwelling predatory arthropods in commercial Bt and non-Bt cotton fields: patterns and mechanisms. *Environ. Entomol.* 34: 1242-1256.
- Torres, J.B. & C.S.A. Silva-Torres. 2011.** O papel dos insetos predadores no controle de pragas. *Ciênc. Amb.* 43: 55-72.
- Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres & J.V. Oliveira. 2003a.** Toxicity of pymetrozine and thiamethoxam to *Aphelinus gossypii* and *Delphastus pusillus*. *Pesq. Agropec. Bras.* 38: 459-466.
- Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres & R. Barros. 2003b.** Relative effects of the insecticide thiamethoxam on the predator *Podisus nigrispinus* and the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* in nectaried and nectariless cotton. *Pest Manag. Sci.* 59: 315-323.
- Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres, M.R. Silva & J.F. Ferreira. 2002.** Compatibilidade de inseticidas e acaricidas com o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em algodoeiro. *Neotrop. Entomol.* 31: 311-317.
- Torres, J.B., E.M. Barros, R.R. Coelho & R.M.M. Pimentel. 2010.** Zoophytophagous pentatomids feeding on plants and implications for biological control. *Arthropod-Plant Inte.* 4: 219-227.
- Torres, J.B., A.R.S. Rodrigues, E.M. Barros & D.S. Santos. 2015.** Lambda-cyhalothrin resistance in the lady beetle *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) confers tolerance to other pyrethroids. *J. Econ. Entomol.* 108: 60-68.
- Ulhôa, J.L.R., G.A. Carvalho, C.F. Carvalho & B. Souza. 2002.** Ação de inseticidas recomendados para o controle do curuquerê-do-algodoeiro para pupas e adultos de

*Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). Ciênc. Agrotecnol. 26: 1365-1372.

**van Den Bosch, R. & K.S. Hagen. 1966.** Predaceous and parasitic arthropods in California cotton fields. Univ. Calif. Agr. Exp. Sta. Bull. 820: 1-32.

**van Den Bosch, R. & V.M. Stern. 1962.** The integration of chemical and biological control in arthropod pests. Annu. Rev. Entomol. 7: 367-386.

**van Emden, H.F. 2003.** Conservation biological control: from theory to practice. p. 199-208. In: R. VanDriesche (ed.) Proceedings of the International Symposium on Biological Control of Arthropods, Honolulu, Hawaii, 14-18 January 2002. USDA Forest Service, Morgantown, WV.

**Whitcomb, W.H. & K. Bell. 1964.** Predaceous insects, spiders, and mites of Arkansas cotton fields. Ark. Agric. Exp. Sta. Bull. 690: 1-84.

**Williams, L. & L. Price. 2004.** A space efficient contact toxicity bioassay for minute Hymenoptera, used to test the effects of novel and conventional insecticides on the egg parasitoids *Anaphes iole* and *Trichogramma pretiosum*. Biocontrol. 38: 163-185.

**Wilson, L.J., L.R. Bauer & D.A. Lally. 1998.** Effect of early season insecticide use on predators and outbreaks of spider mites (Acari: Tetranychidae) in cotton. Bull. Entomol. Res. 88: 477-488.



Tabela 1. Inseticidas, grupos e dosagens máxima e mínima recomendadas do produto comercial testadas em resíduo seco para diferentes inimigos naturais e suas respectivas pragas alvo no agroecossistema algodoeiro e outros.

Ingrediente ativo	Grupos	Grupo IRAC <sup>1</sup>	Produto comercial/ha <sup>2</sup>	
			Dosagem	Pragas alvo
Clorantraniliprole	Diamida	28	150mL/ha	Hv, Ha, Hz, Sp
			25mL/ha	Aa
Clorfenapir	Análogo de pirazol	13	1,5L/ha	Hv, Ha, Hz, Pl
			1,0L/ha	Sf, Tu
Espinosade	Espinosina	5	125mL/ha	Hv, Ha, Hz, Fr
			25 mL/ha	Aa
Lambda-cialotrina	Piretroide	3A	300mL/ha	Ag, Pg, Hn
			100 mL/ha	Aa
Metidationa	Organofosforado	1B	1L/ha	Agp, Tu, Hn
			0,8L/ha	Ag
Pimetrozina	Piridina azometina	9B	400g/ha	Bt, Ag
			200g/ha	Agp
Tiametoxam	Neonicotinoide	4A	200g/ha	Bt, Agp, Fr
			100 g/ha	Agp

<sup>1</sup>Insecticide Resistance Action Committee.

<sup>2</sup>AGROFIT 2015 (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários); Aa, *Alabama argillacea*; Agp, *Aphis gossypii*; Ag, *Anthonomus grandis*; Bt, *Bemisia tabaci*; Fr, *Frankliniella* sp.; Ha, *Helicoverpa amigera*; Hn, *Horcias nubililelus*; Hz, *Helicoverpa zea*; Hv, *Heliothis virescens*; Pg, *Pectinophora gossypiella*; Pl, *Polyphagotarsonemus latus*; Sp, *Spodoptera frugiperda*; Tu, *Tetranychus urticae*.

Tabela 2. Inimigos naturais chave para o manejo integrado de pragas do algodoeiro expostos ao resíduo seco de inseticidas selecionados de diferentes grupos químicos, recomendados para o controle de pragas do algodoeiro.

Inimigos naturais	Origem	Informações	Pragas alvo
<b>Parasitoides</b>			
<i>Aphelinus gossypii</i>	Laboratório de Controle Biológico, UFRPE, Recife-PE. Emergidos de múmias de <i>Aphis gossypii</i>	Sem exposição prévia a inseticidas	Agp
<i>Bracon vulgaris</i>	Laboratório de Controle Biológico, UFRPE, Recife-PE. Emergidos de <i>Anthonomus grandis</i> de campo	Exposição rara a inseticidas	Ag, Pg
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Bug Agentes de Controle Biológico, Piracicaba-SP. Criação em ovos de <i>Anagasta kuehniella</i>	Sem informações	OVLp
<i>Telenomus podisi</i>	Embrapa Soja, Londrina-PR. Criação em ovos de <i>Euschistus heros</i>	Sem informações	OVPt
<b>Predadores</b>			
<i>Chrysoperla externa</i>	Laboratório de Controle Biológico, UFLA, Lavras-MG. Criação em ovos de <i>Anagasta kuehniella</i>	Sem informações	Pg, Ch, OVLp, Tr, Tch
<i>Eriopis connexa</i>	Laboratório de Controle Biológico, UFRPE, Recife-PE. Criação em ovos de <i>Anagasta kuehniella</i>	Resistente à lambda-cialotrina	Pg, OVLp
<i>Euborellia annulipes</i>	Laboratório de Resistência de plantas a insetos, UNESP Jaboticabal-SP. Criação em dieta.	Sem informações	Ag, Pg
<i>Hippodamia convergens</i>	Laboratório de Controle Biológico, UFRPE, Recife-PE. Criação em ovos de <i>Anagasta kuehniella</i> após coleta de campo de algodão	Exposição rara a inseticidas	Pg, OVLp
<i>Podisus nigripinus</i>	Laboratório de Controle Biológico, UFRPE, Recife-PE. Criação em larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .	Sem exposição prévia a inseticidas	LLp
<i>Solenopsis invicta</i>	Laboratório de Controle Biológico, UFRPE, Recife-PE. Criação em larvas em geral	Sem exposição prévia a inseticidas	Ag, Hv, Ha, Aa, Pg

OVLp, ovos de Lepidoptera; OVPt, ovos de Pentatomidae; Agp, *Aphis gossypii*; Ag, *Anthonomus grandis*; Pg, pulgões em geral; Ch, cochonilhas; Tr, Tripes; Bt, *Bemisia tabaci*; LLp, larvas de Lepidoptera em geral; Tch, Tetranychidae em geral.

Tabela 3. Resultados da análise de variância para sobrevivência de inimigos naturais (4 parasitoides e 6 predadores) ao resíduo seco por 48h de exposição a dosagem máxima ou mínima recomendada de seis inseticidas (e testemunha) para o controle de pragas do algodoeiro.

Efeitos	G.L	F	P	G.L.	F	P
<i>Aphelinus gossypii</i> (n = 441 e 567) <sup>1</sup>			<i>Bracon vulgaris</i> (n = 439 e 410)			
Tratamentos (T)	6; 56	615,18	<0,0001	6; 56	415,80	<0,0001
Dosagem (D)	1; 56	54,90	<0,0001	1; 56	13,07	0,0006
T * D	6; 56	24,21	<0,001	6; 56	7,55	<0,0001
<i>Telenomus podisi</i> (n = 715 e 663)			<i>Trichogramma pretiosum</i> (n = 1521 e 1327)			
Tratamentos (T)	6; 56	31,09	<0,0001	6; 56	1226,41	<0,0001
Dosagem (D)	1; 56	3,41	0,0702	1; 56	1055,50	<0,0001
T * D	6; 56	0,80	0,5731	6; 56	403,05	<0,0001
<i>Chrysoperla externa</i> (n = 675 e 402)			<i>Eriopsis connexa</i> R-lambda <sup>2</sup> (n = 394 e 362)			
Tratamentos (T)	6; 85	73,00	<0,0001	6; 55	64,48	<0,0001
Dosagem (D)	1; 85	21,52	<0,0001	1; 55	10,73	0,0018
T * D	6; 85	0,94	0,4676	6; 55	3,20	0,0091
<i>Eriopsis connexa</i> S-lambda <sup>2</sup> (n = 185 e 175)			<i>Euborellia annulipes</i> (n = 210 e 201)			
Tratamentos (T)	6; 54	94,65	<0,0001	6; 44	9,08	<0,0001
Dosagem (D)	1; 54	12,83	0,0007	1; 44	18,14	<0,0001
T * D	6; 54	4,52	0,0009	6; 44	5,16	0,0004
<i>Hippodamia convergens</i> (n = 360 e 444)			<i>Podisus nigrispinus</i> (n = 329 e 307)			
Tratamentos (T)	6; 54	125,90	<0,0001	6; 49	346,19	<0,0001
Dosagem (D)	1; 54	37,10	<0,0001	1; 49	0,27	0,6082
T * D	6; 54	2,90	0,0159	6; 49	0,31	0,9309
<i>Solenopsis invicta</i> (n = 762 e 582)						
Tratamentos (T)	6; 42	31,71	<0,0001			
Dosagem (D)	1; 42	4,47	0,0049			
T * D	6; 42	3,57	0,0060			

<sup>1</sup>Número de indivíduos testado na dosagem máxima e mínima dos produtos, respectivamente;

<sup>2</sup>Indica populações resistente (R) e suscetível (S) à lambda-cialotrina.

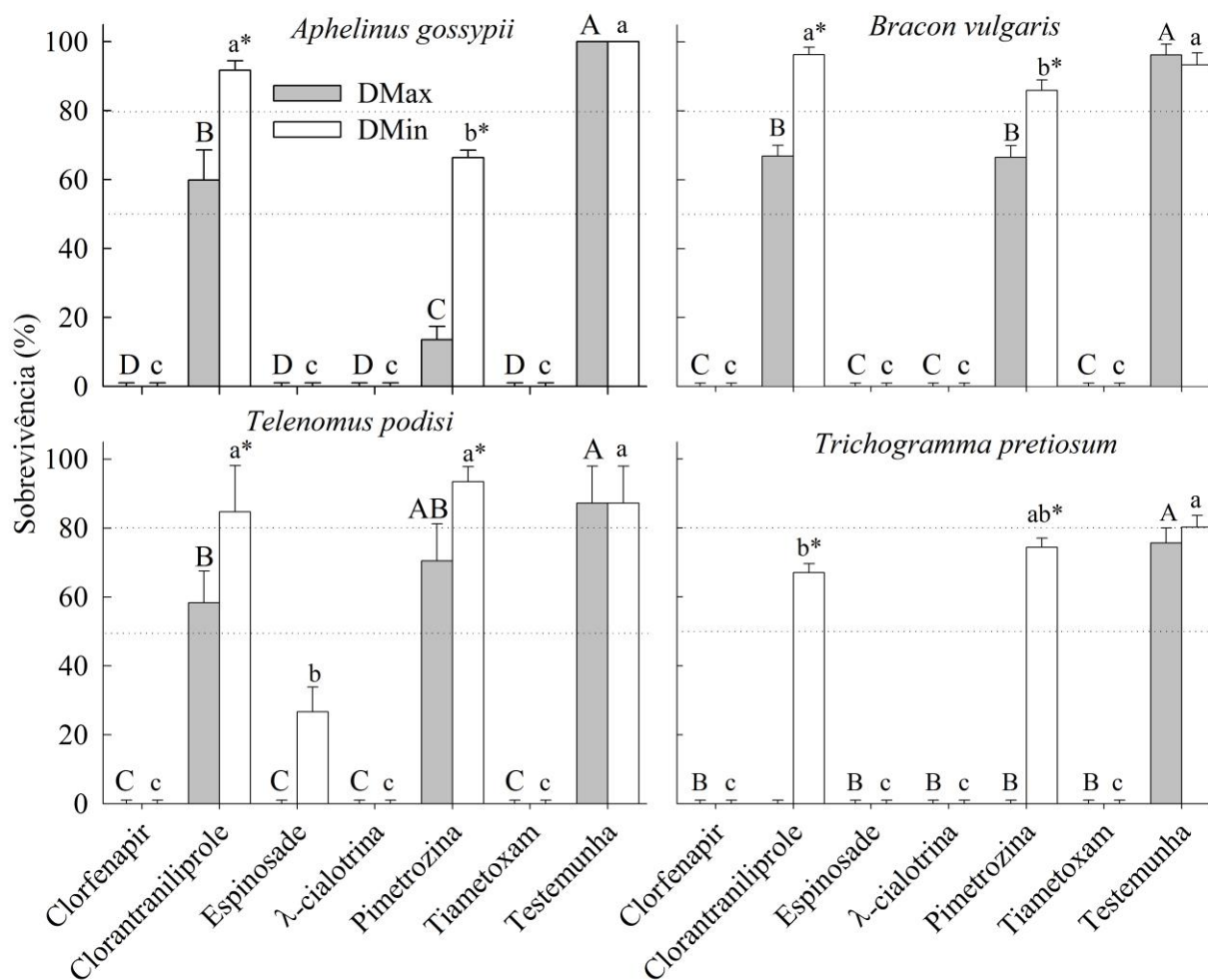


Fig. 1. Sobrevivência de parasitoides adultos após 48h de exposição contínua ao resíduo seco de inseticidas representantes de seis grupos recomendados para o controle de pragas do algodoeiro empregando as dosagens máxima (DMax) e mínima (DMin) recomendadas. Nota: Linhas pontilhadas horizontais indicam 50% e 80% de sobrevivência, e barras seguidas de mesma letra maiúscula comparam tratamentos para dosagem máxima e minúsculas comparam tratamentos para dosagem mínima; enquanto que asteriscos indica diferença entre as dosagens DMax e DMin em cada tratamento (Tukey a 5% de probabilidade).

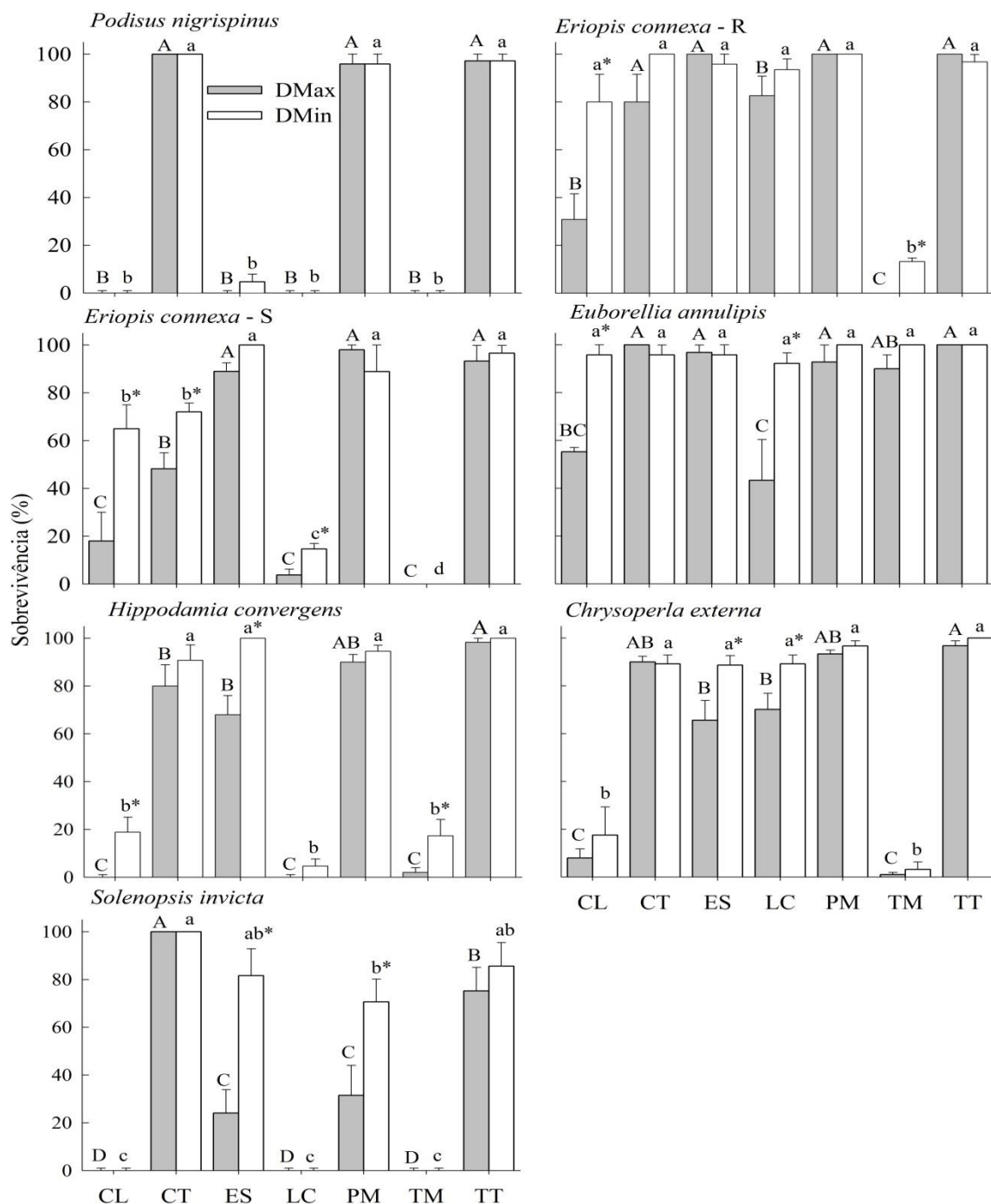


Fig. 2. Sobrevivência de predadores adultos após 48h de exposição aos inseticidas clorfenapir (CL), clorantraniliprole (CT), espinosade (ES), lambda-cialotrina (LC), pimetrozina (PM) e tiametoxam (TM) empregando as dosagens máxima (DMax) e mínima (DMin) recomendadas para o controle de pragas do algodoeiro e testemunha (TT). Nota: R e S (*E. connexa* resistente e suscetível à lambda-cialotrina) e barras seguidas de mesma letra maiúscula compara tratamentos para dose máxima e minúsculas para dose mínima; enquanto que asteriscos indica diferença entre as dosagens máxima e mínima para cada tratamento (Tukey a 5% de probabilidade).

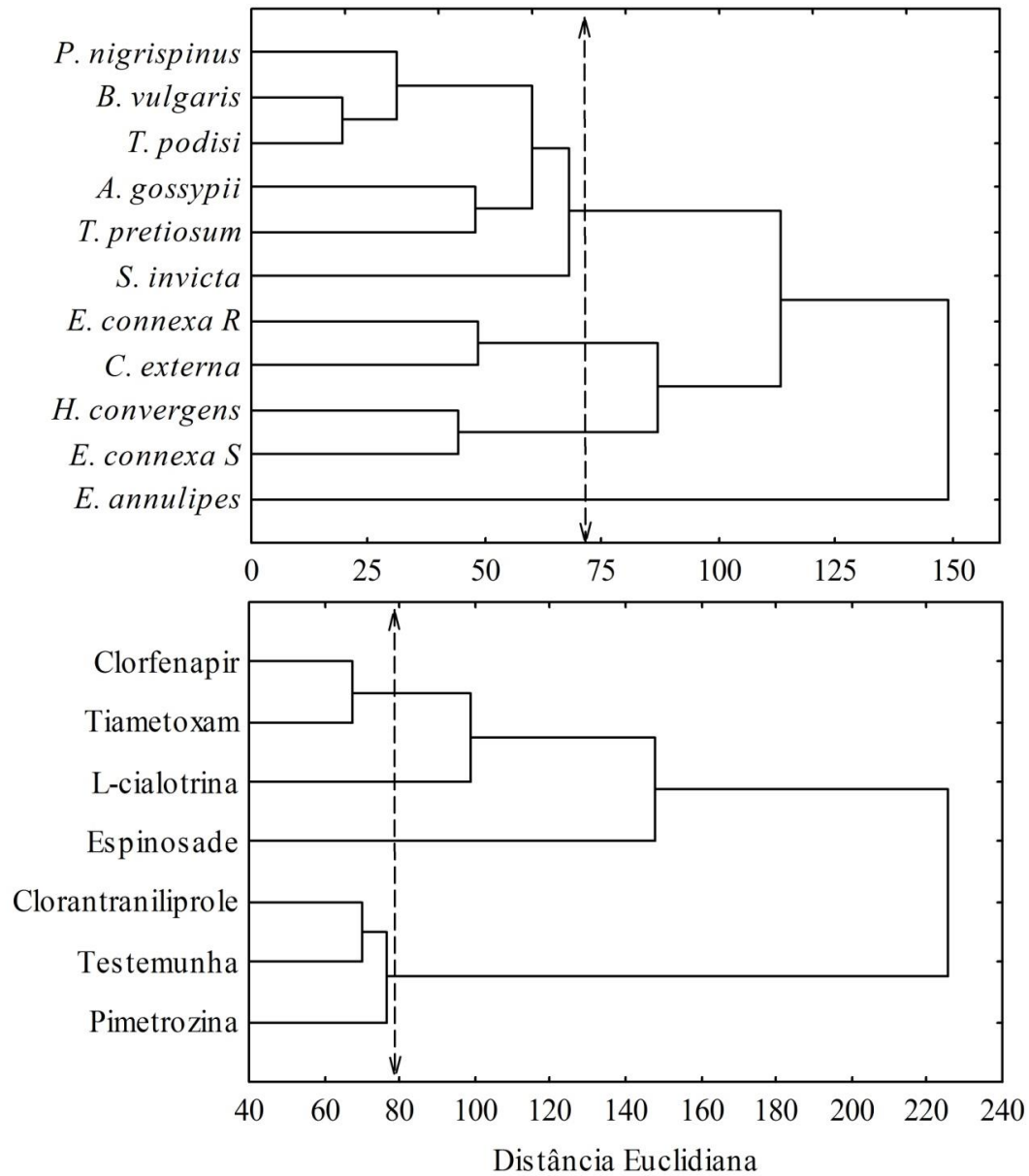


Fig. 3. Dendrogramas da sobrevivência de 11 inimigos naturais ou populações (superior) expostos ao resíduo seco de seis inseticidas de diferentes grupos mais testemunha (inferior) aplicados nas dosagens máxima e mínima recomendadas para o controle de pragas do algodoeiro. O método de agrupamento foi o UPGMA. Nota: S, indica população suscetível e R, população resistente à lambda-cialotrina e linha pontilhada indica a distância de ligamento respectivamente, entre grupos.

## CAPÍTULO 4

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O algodoeiro hospeda uma gama de artrópodes-praga, possui características fenológicas de longo período de frutificação, é cultivado predominantemente durante o verão quente e úmido e em ampla diversidade de ambientes, o que justifica a diversidade de pragas e inimigos naturais presentes e as dificuldades impostas para o Manejo Integrado de Pragas (MIP). Apesar da adoção de variedades de algodão transgênicas resistentes a lagartas, o número de aplicações de inseticidas no algodoeiro no Brasil não tem sido reduzido igualmente a outros países. Isto porque o bicudo-do-algodoeiro, que é a principal praga da cultura, não é controlado por estas variedades transgênicas disponíveis, sendo seu manejo realizado basicamente através de aplicações de inseticidas com amplo espectro de ação, após o seu estabelecimento na lavoura. A proibição do endossulfan, produto tradicional considerado eficiente no manejo do bicudo-do-algodoeiro e de outras pragas, tem reduzido às opções de manejo. Além do bicudo-do-algodoeiro, o pulgão tradicional praga chave e, mais recentemente, os percevejos pentatomídeos são problemas e não alvo das plantas Bt, além de outras lagartas não suscetíveis (p. ex. gênero *Spodoptera*). Por outro lado, a cultura do algodão hospeda uma diversificada comunidade de inimigos naturais que auxiliam no controle dessas pragas e usualmente são afetados pelos inseticidas disponíveis, especialmente por serem inseticidas de largo espectro aplicados visando as múltiplas pragas que ocorrem simultaneamente. Assim, tem sido realizado o registro de misturas prontas para uso de inseticidas como alternativa para o controle do bicudo-do-algodoeiro, e ainda pode estar controlando pragas adicionais. Outro ponto importante é a conservação da comunidade de

inimigos naturais presentes na cultura do algodoeiro, e uma opção para isso seria a adoção de inseticidas seletivos.

Desta forma, podemos considerar que:

- Somente a mistura de clorantraniliprole + lambda-cialotrina apresenta efeito sinérgico com incremento na mortalidade do bicudo-do-algodoeiro, para a população testada;
- Misturas prontas para uso não é garantia de melhora no controle do bicudo-do-algodoeiro, pois podem produzir efeito antagônico relativo ao uso da formulação simples, tal como foi observado para as misturas: lambda-cialotrina + tiametoxam, tiametoxam + clorantraniliprole e fenitrothion + esfenvalerato;
- A tomada de decisão de escolher misturas prontas não se deve visar somente o controle do bicudo-do-algodoeiro. As misturas podem ser utilizadas em situação de ocorrência simultânea de múltiplas espécies alvo na lavoura, onde a aplicação da mistura estaria controlando as diferentes espécies alvo;
- A sobrevivência dos inimigos naturais após exposição via resíduo seco dos inseticidas é variável entre espécies e inseticidas. De modo geral, nota-se que os parasitoides são mais suscetíveis aos inseticidas do que os predadores;
- A tesourinha *E. annulipes* apresenta alta sobrevivência após exposição aos inseticidas clorfenapir e tiametoxam, enquanto as outras espécies demonstram baixa sobrevivência a estes produtos;
- Os inseticidas pimetrozina, clorantraniliprole, seguidos do espinosade são os produtos com menor impacto aos inimigos naturais testados, e assim, devem ser priorizados no manejo de pragas do algodoeiro.